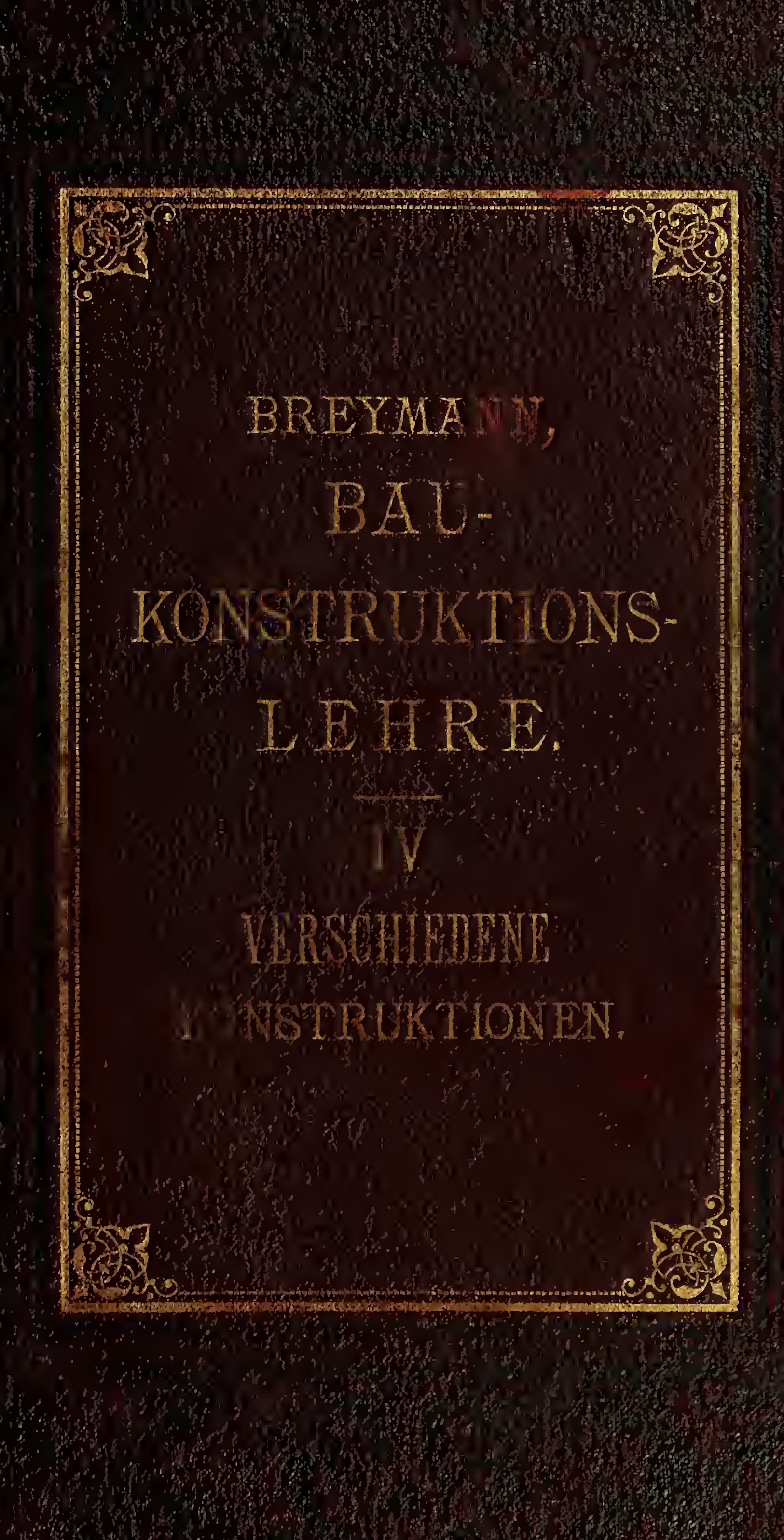

BREYMANN,
BAU-
KONSTRUKTIONS-
LEHRE.
IV
VERSCHIEDENE
KONSTRUKTIONEN.



Allgemeine

Bau-Konstruktions-Lehre

mit besonderer Beziehung

auf das

Hochbauwesen.

Ein Leitfaden zu Vorlesungen und zum Selbstunterrichte

von

G. A. Breymann,

† Baurat und Professor an der Königl. polytechnischen Schule in Stuttgart.

Neu bearbeitet

von

H. Lang,

† Oberbaurat und Professor an der Großherzogl. Technischen Hochschule in Karlsruhe

O. Königer,

Königl. Preuß. Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor in Halle

und

A. Scholtz,

Baumeister und Lehrer der Bauwissenschaften in Berlin.

Vierter Band: Verschiedene Konstruktionen.

Leipzig,

J. M. Gebhardt's Verlag.

1894.

Verschiedene Konstruktionen,

insbesondere:

Feuerungs- und Lüftungs-, Gas-, Wasser-

und

Telegraphen-Anlagen. Grundbau.

Mit einem Anhang:

Die Bauführung.

Dritte verbesserte und umgearbeitete Auflage

von

A. Scholtz,

Baumeister und Lehrer der Bauwissenschaften in Berlin.

Mit 529 Holzschnitten und 61 teilweise in Farben ausgeführten lithographierten Figurentafeln.

Leipzig,

J. M. Gebhardt's Verlag.

1894.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage des IV. Bandes der „Allgemeinen Bau-Konstruktionslehre" ist eine geraume Anzahl von Jahren verflossen. — Große Fortschritte haben sich inzwischen auf fast allen Gebieten der Technik vollzogen und im eminentesten Sinne hat daran das Fach der Heizung und Ventilation teilgenommen. Insbesondere waren es die, im Anfang der sechziger Jahre erschienenen, wertvollen Untersuchungen von Péclet, welche dazu beigetragen haben, die neuere Heiztechnik auf streng theoretischer Basis aufzubauen; die Ventilationsfrage erhielt eine wahrhaft wissenschaftliche Grundlage durch die epochemachenden Arbeiten des Prof. Max v. Pettenkofer in München. Auch die Konstruktion der Kontroll-Apparate wurde wesentlich verbessert, und es sind dadurch dem Techniker Mittel an die Hand gegeben, um die Geschwindigkeit bewegter Luftströme zu messen und die Temperatur der Innenräume mit Hilfe elektrischer Signalvorrichtungen auf konstanter Höhe zu erhalten.

Das Streben der neueren Heiztechnik, die Fortschritte der Wissenschaft für das Leben und die Pflege der Gesundheit nutzbar zu machen, entspricht durchaus einem dringenden und allgemein gefühlten Bedürfnisse unserer Zeit. Auch der ausführende Baumeister ist daher gezwungen, sich eingehender als bisher mit dem Studium der Heizung und Ventilation zu beschäftigen, um allen Anforderungen gewachsen zu sein, welche gegenwärtig der Staats- und Kommunal-Baudienst und der moderne Privatbau in Bezug auf rationelle Lüftung und Heizung der Gebäude an ihn stellen.

Bei der Neubearbeitung des IV. Bandes der „Allgemeinen Bau-Konstruktionslehre" hat daher der I. Abschnitt, welcher die Feuerungs- und Ventilations-Anlagen enthält, nicht nur eine veränderte Form, sondern auch jede notwendige Erweiterung erfahren. Der Bestimmung der Wärmedurchgangs-Koeffizienten verschiedener Baustoffe ist ein besonderes Kapitel (das sechste) gewidmet und, auf so gewonnener Grundlage, im VII. Kapitel die Berechnung der Wärmetransmission eines ganzen Gebäudes durchgeführt, auch die Größe der Heizflächen theoretisch, wiewohl im Einklang mit den Erfahrungswerten der Praxis, festgestellt worden. — Der ausübende, wie der in die Praxis eintretende Architekt soll dadurch in den Stand gesetzt werden, sich ein kompetentes Urteil über die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Heizsysteme zu bilden, um hiernach die geeignete Wahl zu treffen; er soll im stande sein, die Wärmeverluste der einzelnen Räume eines Gebäudes nach wissenschaftlichen Prinzipien aufzustellen, die Form und Größe der Heizkörper zu bestimmen, mindestens aber die Resultate der Rechnung zu prüfen.

Im VIII. Kapitel haben die neueren Forschungen über natürliche Ventilation und über Permeabilität der Baumaterialien gebührende Berücksichtigung gefunden. — Wegen der häufigen Anwendung, welche gegenwärtig die Ventilation durch Maschinen

findet, sind auch die verschiedenen „Ventilatoren“ und deren Nutzeffekt einer Besprechung unterzogen worden.

Unter „Praktische Anwendungen“ findet der Leser endlich die Lüftungsmethoden der wichtigeren Gebäude-Gattungen in einer, dem Umfange und der Tendenz des Werkes entsprechenden Ausdehnung behandelt. Bei dieser Materie war Verfasser gezwungen, eine Beschränkung des überreichen Stoffes in dem Sinne eintreten zu lassen, daß alle industriellen Anlagen — welche den Aufgaben des Architekten in der Regel fern liegen — ausgeschlossen blieben, während doch die Dampfkessel-Feuerungen im III. Kapitel eine der Wichtigkeit des Gegenstandes entsprechende Behandlung gefunden haben.

In Bezug auf die beigegebenen Figurentafeln ist besonderes Gewicht auf Deutlichkeit, Form und Inhalt derselben gelegt worden, damit sie sich als Vorlagen beim Entwerfen eignen und dem Lehrer bei Vorträgen das zeitraubende Zeichnen an der Tafel entbehrlicher machen. Sämtliche Blätter sind neu auf Stein gezeichnet, und für das bessere Verständnis der Ventilationssysteme ist der Versuch gemacht worden, die Darstellung der verschiedenen Luftströme durch charakterisierende Farben zu bewirken, wobei dem Verfasser jede gewünschte Unterstützung seitens des Herrn Verlegers zu teil wurde. — Außer dieser Sammlung von Tafeln, welche Beispiele neuer und bewährter Heizungs- und Ventilations-Anlagen enthalten, sind, wo immer es nötig erschien, zahlreiche Holzschnitte als Illustration dem Texte beigegeben, um dadurch das Studium des Werkes nach Möglichkeit zu erleichtern.

Der II. Abschnitt, welcher die Gas-, Wasser- und Telegraphen- 2c. Anlagen enthält, ist als durchaus neue Arbeit diesem Bande hinzugefügt, wodurch derselbe eine, den Anforderungen der Gegenwart entsprechende, Erweiterung erfahren hat. Es behandelt das erste Kapitel die Gasbeleuchtungs-Anlagen in Gebäuden, einschließlich der Verwendung des Gases zum Heizen und Kochen. Diese letztere Verwendungsart ist anderwärts, namentlich in Frankreich und Dänemark, schon jetzt eine sehr weitgehende und hat offenbar eine große Zukunft.

Auch die Ansprüche auf Versorgung der Küchen, Badezimmer, Klosetts, Schlaf- und Wohnräume unserer Wohngebäude mit gutem, reinem Trink- und Wirtschaftswasser sind so berechtigte, daß niemand diesen Komfort entbehren mag, wenn die Vorbedingungen einer öffentlichen oder privaten Wasserversorgung am Orte selbst gegeben sind. Damit geht Hand in Hand die Einrichtung einer rationell angelegten schnellen Abführung aller Verbrauchswässer 2c. mittels unterirdischer Kanäle oder Röhren (Kanalisation). — Die Einrichtungen, welche zu diesem Zwecke erforderlich werden, sind im zweiten Kapitel dieses Abschnitts behandelt. Die beigegebenen Figurentafeln sind dazu bestimmt, außer den reichhaltigen Textillustrationen die wichtigeren Konstruktionen in Zeichnung vorzuführen. Auf Taf. 61 endlich ist die Anwendung des Vorgetragenen durch die Wasserversorgung und Entwässerung eines herrschaftlichen Wohnhauses“ zur Darstellung gebracht.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Bandes sind an Stelle der veralteten und oft versagenden mechanischen Klingelzüge die elektrischen und pneumatischen Haustelegraphen getreten. Nach dem Plane der Verlagsbuchhandlung sollte die neue Auflage auch diese Konstruktion in einem, dem Bedürfnis des Bautechnikers entsprechenden, Umfange enthalten. — Diesem Verhalten hat Verfasser gern entsprochen und wünscht, daß hierdurch die bisher empfundene Lücke ausgefüllt sein möge! — Soweit hierbei die elektrischen Haustelegraphen und Telephone in Frage kommen, konnten die bekannten Werke von Schellen, Zetzsche und eine neuere Arbeit von Scharnweber benutzt werden. Schwieriger lag das Verhältnis für die pneumatischen Haustelegraphen, da hier eine Litteratur zur Zeit kaum existiert. Die mannigfache interessante Verwendung dieser Telegraphen ließ es geboten erscheinen, sowohl die „Druckgeber“, als die gebräuchlichen einfacheren „Signalapparate“

sorgfältig in Ansicht und Durchschnitt zu zeichnen und dadurch dem angehenden Bautechniker auch diese Materie zugänglich zu machen.

Die Konstruktion und Anlage der **Blitzableiter**, mit vielen Zusätzen und einem Gutachten, betreffend den Blitzschlag im Schulhause zu Elmshorn versehen, bildet den Schluß dieses Abschnittes.

Im III. Abschnitt hat die Lehre vom Grundbau, welche schon der Verfasser der I. Auflage dem IV. Bande einverleibte, wiederum eine, den Zielen des Hochbauwesens entsprechende, Behandlung gefunden.

Mehrere Disciplinen sind hierbei nicht unbeträchtlich erweitert, veraltete Apparate und Werkzeuge durch neuere ersetzt, namentlich aber ist auf eine reichere Ausstattung durch Holzschnitte Bedacht genommen worden. Dies bezieht sich insbesondere auf die Werkzeuge zur Untersuchung des Baugrundes, auf die Wasserschöpf- und Baggermaschinen, die Lehre von den Fangedämmen, die Konstruktion der neueren Rammen, Grundsägen u. s. w.

Die Materialien zur Beton- und Mörtelbereitung und die Betonfundierung wurden in einem, der Wichtigkeit dieser Gründungsart entsprechenden, Umfange behandelt. — Den Schluß bildet die Gründung auf Brunnen und mittels Senkkästen, welche letztere Methode sich für viele Verhältnisse als sicher und schnell zum Ziele führend erwiesen hat. Die pneumatischen Gründungen konnten dagegen, als dem eigentlichen Strombau angehörig, hier unerörtert bleiben.

Wie in der I. Auflage, so bildet auch in dem neuen Gewande die „Bauführung" den naturgemäßen Schluß des Werkes. Diese Disciplin ist in vollständig neuer und knapper Form, wie solche sich für die Vorträge an technischen Hochschulen empfiehlt, bearbeitet worden. In Bezug auf das Verdingen der Bauten haben die „Allgemeinen Bestimmungen" vom 24. Juni 1880, welche eine Neuregelung des Submissionswesens in Preußen bezwecken, als Grundlage gedient. — Die Führung des Baues setzt die Kenntnis der gesamten Konstruktionen des Hochbaues als notwendige Grundlage voraus, ihr Wesen aber besteht recht eigentlich in der zweckmäßigen Reihenfolge und dem ungehinderten Fortgange der Arbeiten. Dieser Weg ist hier angedeutet worden, und er wird dem intelligenten Techniker wenigstens so lange als Richtschnur dienen können, bis eigene Erfahrung auf der Baustelle die Grundlage seines Wirkens bildet.

Hiermit sei die vorliegende Bearbeitung des IV. Bandes dem wohlwollenden Urteil der Fachgenossen empfohlen.

Berlin, im Januar 1881.

Der Verfasser.

Vorwort zur dritten Auflage.

Als Verfasser vor 14 Jahren die Bearbeitung der zweiten Auflage dieses Bandes übernahm, stand er vor der Notwendigkeit, den ersten Abschnitt, welcher die Feuerungs- und Lüftungs-Anlagen behandelt, den Fortschritten moderner Heiztechnik entsprechend, auf durchaus neuer Basis zu bearbeiten, und den II. Abschnitt, der die Gas-, Wasser- und Telegraphen-Anlagen enthält, als notwendige Ergänzung einzufügen.

Bei Bearbeitung der dritten Auflage ist nun die Darstellungsform und die Begrenzung des Stoffes im ganzen beibehalten, aber einheitlicher gestaltet worden. Die Dampfkessel-Feuerungen, welche nach ihrem heutigen Umfange selbst für den Maschinen-Ingenieur ein Specialstudium bilden, durften aus der Konstruktionslehre des Hochbauwesens mit Recht ausgeschaltet werden; an Stelle derselben behandelt das dritte Kapitel die Transmission der Wärme durch feste Wände, so daß der theoretische Teil der Heizungsanlagen und die Stabilitätsbestimmung freistehender Schornsteine in den ersten drei Kapiteln zum Abschluß gebracht sind. Daran schließen sich in Kapitel 4—6 die Lokal- und Centralheizungen, wobei auch die neueren Leistungen der Heiztechnik nach Gebühr gewürdigt sind.

Die farbige Darstellung der verschiedenen Luftströme in den Leitungskanälen ist auch für die neue Auflage beibehalten und auf die Figuren-Tafeln 21 bis 24 und 47ª bis 51 ausgedehnt worden. Die in § 85 des I. Abschnitts auszüglich gegebenen Bestimmungen des Ministerial-Erlasses vom 7. Mai 1884, betreffend Vorbereitung, Ausführung und Unterhaltung der Centralheizungs-Anlagen haben dabei Erläuterung und Anwendung gefunden, wobei dem Verfasser seitens der Verlagsbuchhandlung die bereitwilligste Unterstützung zu teil geworden ist.

Im II. Abschnitt sind die auf Erhöhung der Leuchtkraft des Gases gerichteten neuesten Verbesserungen, insbesondere die Globe-, Standart-, Intensiv- und Germania-Brenner, die Regenerativ- und Gasbogenlicht-Lampen besprochen und durch Zeichnung erläutert.

Das System der pneumatischen Telegraphen, obwohl jetzt fast ganz durch die elektrischen Anlagen verdrängt, ist auch in der neuen Auflage, und zwar im historischen Interesse beibehalten worden.

Der III. Abschnitt, Grundbau, und der IV. Abschnitt, der die Bauführung behandelt, erscheinen im wesentlichen in dem Umfange, den ihnen Verfasser schon in zweiter Auflage zugewiesen und der sich bisher bewährt hat.

Berlin, im November 1893.

A. Scholtz.

Inhalts-Verzeichnis.

I. Abschnitt. Feuerungs- und Lüftungsanlagen.

Seite

Erstes Kapitel. Theorie der Feuerungsanlagen.

Zweites Kapitel. Feuerungsanlagen im allgemeinen.

Drittes Kapitel. Transmission der Wärme durch feste Wände.

Viertes Kapitel. Heizungsanlagen in Gebäuden.

Seite

Fünftes Kapitel. Heizung mit Zimmeröfen.

Sechstes Kapitel. Centralheizungen.

A. Die Luftheizung.

B. Die Wasserheizung.

C. Die Dampfheizung.

D. Kombinierte Centralheizsysteme.

Siebentes Kapitel. Ventilation der Gebäude.

Praktische Anwendungen.

Seite

Achtes Kapitel. Verschiedene Feuerungsanlagen.

II. Abschnitt. Gas-, Wasser- und Telegraphenanlagen.

Erstes Kapitel. Gasbeleuchtungsanlagen in Wohngebäuden.

Zweites Kapitel. Wasserleitung in Gebäuden.

Drittes Kapitel. Anlage der Haustelegraphen.

Elektrische Haustelegraphen und Telephone.

III. Abschnitt. Der Grundbau.

IV. Abschnitt. Die Bauführung.

Erster Abschnitt.

Die Feuerungsanlagen.

Erstes Kapitel.

Theorie der Feuerungsanlagen.

§ 1.

Definitionen.

Mit dem Namen Feuerungsanlage wird im allgemeinen jede Vorrichtung bezeichnet, auf welcher Brennmaterialien verbrannt werden, um die Verbrennungswärme derselben zu irgend einem speziellen Zweck nutzbar zu machen. — Je nach der Art des zu verwendenden Brennmaterials und dem Zwecke, dem es dienen soll, wird demnach die Konstruktion der Feuerungsanlagen sich sehr mannigfach gestalten können.

Doch lassen sich in der Regel bei einer derartigen Konstruktion drei Hauptteile unterscheiden:

1) der Verbrennungsraum (Feuerraum) oder Herd,
2) der Heizraum, in dem die Wärme nutzbar gemacht, d. h. wo den Verbrennungsprodukten die Wärme, die sie liefern sollen, entzogen wird, und
3) der Schornstein, der die lästigen Verbrennungsprodukte in gehöriger Höhe in die Atmosphäre führt und hauptsächlich den zur Unterhaltung der Verbrennung nötigen Strom atmosphärischer Luft in den Feuerraum befördert oder — wie man gewöhnlich sagt — den Zug erzeugt.

Nicht immer sind diese drei Teile der Anlage scharf getrennt, es können sozusagen zwei derselben zusammengezogen sein; zuweilen fehlt auch der Schornstein: doch wird der allgemeine Typus auf die vorgenannten Hauptteile sich zurückführen lassen.

Der Endzweck jeder Feuerungsanlage ist daher, entsprechend deren drei Hauptteilen:

die Wärmeerzeugung, die Wärmeübertragung und die Zugerzeugung.

Da es Zweck des vorliegenden Werkes ist, in erster Linie die zur Beheizung von Gebäuden nötigen Anlagen zu besprechen, so setzen wir voraus, daß der zu erwärmende Körper luftförmig oder tropfbar flüssig sei. Eine Darlegung der in gewerblichen Etablissements anzutreffenden und für bestimmte Zwecke errichteten Feuerungsanlagen liegt außerhalb des Rahmens einer Baukonstruktionslehre. Wir wollen uns daher auf Vorführung der dem Bautechniker häufiger vorkommenden Konstruktionen beschränken. Da nun Gestaltung und Abmessung des Feuerraumes von der Beschaffenheit des Brennmateriales und der zu verbrennenden Menge desselben abhängen, so haben wir zunächst die verschiedenen Brennstoffe, welche ihren Aggregatzuständen entsprechend als feste, flüssige und luftförmige unterschieden werden, hier kurz zu besprechen.

§ 2.

Die Brennmaterialien und die Verbrennung.

Die gewöhnlich zur Verwendung kommenden Brennstoffe kann man in natürliche und künstliche einteilen; zu ersteren gehören Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit, zu letzteren Holzkohle, Torfkohle, Coaks, die in Formen gepreßten und alle gasförmigen Brennmaterialien.

Bei allen diesen vorgenannten Körpern ist es lediglich der Kohlenstoff und der Wasserstoff, welcher sich (vollkommene Verbrennung vorausgesetzt) infolge seiner Affinität zum Sauerstoff mit diesem zu Kohlensäure und Wasser ver-

bindet; den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff liefert die Atmosphäre.

Im allgemeinen genügt aber die bloße Berührung des Brennmateriales mit dem Sauerstoff der Luft noch nicht zur Verbindung beider, es muß an irgend einer Stelle die Temperatur bis zu einer gewissen Grenze (500° für gewöhnlich) erhöht werden. Wenn dann an dieser Stelle die Verbrennung eingeleitet ist, werden auch benachbarte Teile auf die Entzündungstemperatur gebracht. Damit sie aber wirklich verbrennen können, muß ihre Berührung mit Sauerstoff ermöglicht sein.

Ist das Brennmaterial entzündet, so wird es durch die Wirkung der Wärme zuerst destilliert, d. h. die flüchtigen Teile werden vom festen Kohlenstoff getrennt. Wenn die auf solche Weise frei gewordenen Kohlenwasserstoffe mit einer genügenden Menge Luft gemischt werden, so brennen sie mit heller Flamme und es bildet sich Kohlensäure und Wasser.

Wenn die bei der Destillation entwickelten Gase unter die Entzündungstemperatur abgekühlt werden, bevor sie mit dem Sauerstoff in Berührung kommen, so kondensieren sich die leicht kondensierbaren, bleiben suspendiert und bringen — je nach ihrer Menge — einen mehr oder weniger dunklen Rauch hervor; zum Teil legen sie sich als Ruß auf die Oberflächen der sogenannten „Züge“. Wird der Rauch auf höherer Temperatur als der Entzündungstemperatur gehalten und demselben Luft zugeführt, so entzündet er sich und brennt mit leuchtender, roter, gelber oder weißer Flamme. Verrini, Technologie der Wärme.

§ 3.

Chemische Zusammensetzung der Brennmaterialien.

1) Holz. Man unterscheidet hartes und weiches Holz und harziges Holz. Hart ist das Holz der Buche, Eiche, Ulme; weich dasjenige der Linde, Birke, Erle, Pappel; harzig ist das Holz der Koniferen (Lärche, Fichte, Tanne). Der Unterschied zwischen hartem und weichem Holz liegt nur in der Dichte des Gewebes. — Weiche Holzarten brennen mehr mit Flamme, da sie wasserstoffreicher, auch schneller, da sie porös sind und der Luft mehr Zutritt in das Innere gestatten. Dagegen erzeugen die harten Holzarten nicht so schnell Hitze, konzentrieren sie aber und hinterlassen starke Kohlenglut.

Alle Holzarten enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und gewisse Aschenbestandteile; die erstgenannten Stoffe bilden nach ihrer chemischen Zusammensetzung die Cellulose, welche durch die Atomformel $C^6H^{10}O^5$ dargestellt wird, d. h. die Holzfaser enthält weniger als die Hälfte ihres Gewichtes (44 Proz.) an Kohlenstoff und den Rest an Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnis, wie sie im Wasser vorkommen. Die unverbrennlichen Bestandteile bilden 3 Proz. vom Gewicht des Holzes, in der Rinde bis 7 Proz. derselben.

Frisch gefällte Bäume enthalten hygroskopisches Wasser, und zwar beträgt das letztere etwa $^4/_{10}$ des Holzgewichtes. Wird das Holz im Wetterschutz aufbewahrt und der Rinde entkleidet, so verliert es nach 18 Monaten einen Teil der Feuchtigkeit, es wird lufttrocken und das hygroskopische Wasser beträgt dann nur noch $^1/_5$ vom Gewicht des Holzes.

2) Torf. Der Torf ist das jüngste der fossilen Brennmaterialien; er brennt langsam, mit Flamme und dichtem Rauch. Stets enthält er beträchtliche Mengen hygroskopischen Wassers, welche durch Trocknen an der Luft auf 25 Proz. des Torfgewichtes reduziert werden können. — Trockner Torf bester Qualität enthält nach Regnault: 58 Teile Kohlenstoff, 6 Teile Wasserstoff, 31 Teile Sauerstoff und 5 Teile Asche. Der Kubikmeter Torf wiegt 250—400 kg.

3) Braunkohlen sind die Reste von Waldungen früherer geologischer Epochen und unterscheiden sich dadurch von den Steinkohlen, daß bei ersteren die Zersetzung noch nicht so weit vorgeschritten ist, als bei diesen. Als Brennstoffe stehen sie zwischen Torf und Steinkohlen mit vielen Übergangsstufen. Sie brennen mit ziemlich hell leuchtender Flamme ohne zu schmelzen und sich aufzublähen; ihr Aschengehalt beträgt 3—6 Proz., zuweilen sogar bis 50 Proz. (sandige und thonige Braunkohle). Die Grubenfeuchtigkeit beträgt 30—50 Proz. des Gewichtes. — Analysen von Braunkohlen haben im Durchschnitt ergeben: 67 Kohlenstoff, 5 Wasserstoff, 20 Sauerstoff und 8 Asche.

Braunkohle, an welcher die Holztextur sich noch erkennen läßt, führt den Namen bituminöses Holz oder Lignit.

4) Die Steinkohlen, ebenfalls Reste einer Pflanzenbildung aus der nach ihnen benannten Steinkohlenformation, stammen von Farren der Urwelt, die unter anderen klimatischen Bedingungen wuchsen. Die Verkohlung ist vollständiger, sie zeigen niemals Spuren einer Holzstruktur und sind von schwarzer Farbe. Nach ihrem Aussehen und sonstigen Eigenschaften werden sie wie folgt eingeteilt:

a) Fette oder bituminöse Steinkohle. Dieselbe brennt mit langer, weißer, stark rußender Flamme. Die Coaks, welche durch Destillation daraus gewonnen werden, sind leicht, voluminös und schwammig. Das spezifische Gewicht der bituminösen Kohlen ist = 1,25; sie enthalten 70—80 Proz. festen Kohlenstoff und beinahe gleiche Gewichte von Wasserstoff und Sauerstoff, welche zusammen 10 Proz. des Gesamtgewichtes ausmachen.

b) Magere Steinkohle, welche härter als die vorhergehende ist, mit weniger lebhafter Flamme und wenig Rauch brennt. Das spezifische Gewicht derselben ist 1,30 und die mittlere Zusammensetzung in 100 Gewichtsteilen

des Brennmaterials ist: 80—90 Teile Kohlenstoff, 5 Teile Wasserstoff, 4 Teile Sauerstoff. — Die daraus erhaltenen Coaks sind fest und sehen wie gefroren aus.

c) Trockene Steinkohle ist härter als die vorhergehende, aber nicht so dicht, glänzend, von schwarzem Bruche und brennt mit blauer Flamme, hinterläßt auch beim Brennen erdige Rückstände.

Anmerkungen. Zu den fetten Steinkohlen gehört auch

a[1]) die Schmiedekohle, die ihrer backenden Eigenschaften wegen ausschließlich in den Schmieden verwendet wird. Diese Eigenschaft macht sie dagegen zur Verwendung auf dem Rost ungeeignet, weil sie die Rostspalten verstopft.

a[2]) Die fette Kohle mit langer Flamme wird im Hausgebrauch und auf dem Rost, auch zur Leuchtgasgewinnung verwendet (englische Kohlen).

Die trockenen Kohlen zerfallen ebenfalls in solche, welche lange und kurze Flamme geben; erstere braucht man auf dem Rost, letzere nur zum Betrieb von Kalk und Ziegelöfen.

5) Anthracit, glänzende Steinkohle, ist das älteste fossile Brennmaterial und besteht beinahe ausschließlich aus 94—96 Proz. Kohlenstoff. In Europa kommt der Anthracit wenig vor, häufiger in Nordamerika, insbesondere aber in Pennsylvanien, wo er zur Stubenheizung (Kaminheizung) verwendet wird. Diese Feuerung ist sehr reinlich, doch erfordert das Brennmaterial starken Zug. Anthracit läßt sich schwer entzünden, brennt langsam, ohne Flamme, ohne Geruch und sichtbaren Rauch und entwickelt bedeutende Hitze.

6) Künstliche Brennmaterialien sind zum Teil solche, welche man aus den festen, natürlichen Brennstoffen durch starke Erhitzung unter Abschluß von Luft erhält. Die aus dem Holze auf solche Weise gewonnenen Produkte der Verkohlung nennt man Holzkohlen. Gute, lufttrockene Holzkohle enthält durchschnittlich 85 Proz. Kohlenstoff, 12 Proz. hygroskopisches Wasser und 3 Proz. Asche; sie ist ziemlich hart, fest, spröde, glänzend schwarz, leicht entzündlich, glüht und verbrennt ohne eigentliche Flamme, höchstens sieht man blaue Flämmchen (brennendes Kohlenoxydgas) davon aufsteigen. — Das Gewicht variirt von 135—250 kg per cbm.

Torfkohlen werden entweder durch Verkohlung des Torfes in Meilern oder in eigenen Ofen gewonnen. Dieses Brennmaterial ist leicht, schwammig, brennt langsam mit kurzer Flamme und hat 18—20 Proz. Asche als Rückstand. Das Gewicht variirt zwischen 200 und 380 kg per cbm.

Coaks. Durch Destillation von Steinkohlen in geschlossenen Cylindern (Retorten), wobei sich gleichzeitig Leuchtgas entwickelt, oder in speziell dafür konstruierten Ofen werden Steinkohlencoaks, kurzweg Coaks genannt, gewonnen. Am meisten in Anwendung für häusliche Feuerungen sind die erstgenannten oder Gascoaks. Sie eignen sich vorzüglich zur Stuben- und Küchenfeuerung, wenn die Heizapparate danach eingerichtet sind. Die Feuerung mit Coaks hat die Vorzüge großer Reinlichkeit und Bequemlichkeit. — Für industrielle Zwecke eignen sich besser die in Öfen erzeugten Coaks, da sie dichter als die Gascoaks sind. Dies Material enthält, wenn von der ziemlich variablen hygroskopischen Feuchtigkeit desselben abgesehen wird, im Durchschnitt 93 Proz. Kohlenstoff, sonst nur Asche. Aus 100 kg Steinkohlen werden 40—70 kg Coaks gewonnen.

Briquetten oder Kohlenziegel werden gewöhnlich aus sonst schlecht verwertbaren pulverförmigen Abfällen von Steinkohlen und Braunkohlen, die mit Steinkohlenteer zu einem Teig angemacht werden, durch Pressung hergestellt. Sie liefern ein gutes, reinliches und auch billiges Heizmaterial.

§ 4.

Heizeffekt der Brennmaterialien.

Zur Messung einer gewissen Wärmemenge benutzt man gewöhnlich irgend eine Wirkung, die sie hervorbringt. Als Einheit für die Messung wird allgemein die Wärmemenge benutzt, welche ein Kilogramm Wasser von 0° auf 1° C. erwärmt, und diese mit dem Namen Kalorie oder Wärmeeinheit bezeichnet.

Die spezifische Wärme eines Körpers bei einer gegebenen Temperatur ist die Wärmemenge, welche eine Menge dieses Körpers im Gewicht von 1 kg um ein Grad in der Temperatur erhöht. Hiernach ist die Kalorie nichts anderes, als die spezifische Wärme des Wassers bei 0 Grad.

Die Anzahl Kalorien, welche man durch die vollständige Verbrennung von einem Kilogramm eines Brennmaterials erhält, heißt dessen absoluter Wärmeeffekt.

Daß gewisse chemische Verbindung im allgemeinen Wärme erzeugt, durch Zersetzungen solche konsumiert wird, mag als bekannt gelten; auch kann man annehmen, daß die Zersetzung eines Körpers in seine chemischen Bestandteile ebensoviel Wärme erfordert, als bei Verbindung dieser Teile entwickelt wurde, vorausgesetzt, daß die getrennten Stoffe wieder in den Zustand versetzt werden, in dem sie sich vor ihrer Verbindung befanden.

Die in § 3 vorgeführten Brennmaterialien bestehen nun sämtlich aus Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; der darin enthaltene Kohlenstoff und Wasserstoff kann aber erst nach Trennung der chemischen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft neue Verbindung eingehen. Da ferner die Verbrennungsprodukte stets gasförmig sind, auch wenn das Brennmaterial fest war, so können wir nunmehr vorstehende Definition dahin erweitern:

Der absolute Wärmeeffekt eines Brennmaterials ist die algebraische Summe der Wärmemenge,

die durch Verbrennung des in einem Kilogramm desselben enthaltenen Kohlenstoffes und Wasserstoffes entwickelt wird, minus der Wärmemengen, die durch die Zersetzung und die molekulare Arbeit der Verflüchtigung des Brennmaterials, das vorher fest oder flüssig war, verbraucht werden.

Für das zweite Glied dieser Summe fehlen meist die nötigen Angaben. Nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse der Versuche von Favre und Silberman[1]) über die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche bei der Verbrennung einiger Körper in reinem Sauerstoff erzeugt werden.

Tabelle I.

	Wärmeeinheiten
Holzkohle zu Kohlenoxyd verbrannt	2 473
Holzkohle zu Kohlensäure verbrannt	8 080
Natürlicher Graphit zu Kohlensäure verbrannt	7 810
Diamant zu Kohlensäure	7 770
Kohlenoxyd	2 403
Wasserstoffgas	34 462
Sumpfgas (CH^4)	13 063
Ölbildendes Gas (C^2H^4)	11 858
Stearinsäure	9 820
Weingeist	7 184
Petroleum	11 773

Wie aus vorstehender Tabelle hervorgeht, gibt ein Kilogramm festen Kohlenstoffes, in Kohlensäure umgewandelt, eine verschiedene Anzahl Wärmeeinheiten je nach dem Grade seiner Dichtigkeit, je nachdem es als Holzkohle, Graphit oder Diamant sich vorfindet, und zwar eine mit der Dichtigkeit abnehmende Wärmemenge. Da aber die chemische Erscheinung in diesen drei Fällen dieselbe ist, muß man schließen, daß die Tabelle nicht die wahre Wärmemenge giebt, die der Verbindung von 1 kg Kohlenstoff mit ca. $2^1/_2$ kg Sauerstoff entspricht, sondern den Überschuß derselben über die für die Verdampfungsarbeit aufgewendete Wärmemenge, welche, der Kohäsion des Stoffes entsprechend, in jedem der Fälle verschieden ausfällt.

Zur praktischen Bestimmung des absoluten Wärmeeffektes eines zusammengesetzten Brennmaterials, wie solche die Natur liefert, nimmt man an: daß die von einem Kilogramm desselben entwickelte Wärmemenge diejenige Summe von Wärmeeinheiten sei, welche man nach Tabelle I erhielte, wenn man den darin enthaltenen Kohlenstoff und freien Wasserstoff einzeln verbrennen würde. Bei dieser Hypothese wird die durch die Zersetzungsarbeit aufgewendete Wärme einfach vernachlässigt und über die Verflüchtigungsarbeit der nicht gasförmigen Brennstoffe werden gewisse willkürliche Annahmen gemacht.

Grashof hat den absoluten Wärmeeffekt mehrerer festen Brennstoffe berechnet, die wir in Tabelle II zusammenstellen. Hierbei sind der Kohlenstoff (C) und der Wasserstoff (H) als alleinige brennbare Bestandteile angesehen, und bezüglich des Sauerstoffes ist die Annahme gemacht, daß derselbe an Wasserstoff gebunden sei. Spalte 3 enthält die Angabe über das chemisch gebundene Wasser, Spalte 4 giebt den Betrag des hygroskopischen Wassers, Spalte 5 den Aschengehalt der Brennstoffe und Spalte 6 den absoluten Wärmeeffekt K derselben, ausgedrückt in Kalorien.

Tabelle II. Heizeffekte fester Brennstoffe.

Brennstoff.	C	H	H_2O	W	A	K
Lufttrockenes Holz	0,39	—	0,40	0,195	0,015	2731
Lufttrockener Torf	0,35	0,01	0,29	0,25	0,10	2743
Lufttrockene Braunkohle	0,50	0,015	0,205	0,20	0,08	4176
Steinkohle	0,80	0,04	0,09	0,03	0,04	7483
Holzkohle	0,85	0,01	0,03	0,06	0,05	7034
Coaks	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	7065

Es ist nun die Frage, wie sich der praktische Heizeffekt zu dem in der Tabelle verzeichneten theoretischen Wärmeeffekt K verhält. Hierüber vermag nur der experimentelle Versuch genügende Klarheit zu verschaffen. In unrationell betriebenen Feuerungsanlagen, z. B. in vielen Stubenöfen, wird durch unvollkommene Verbrennung unserer Brennstoffe nur ein Teil des Kohlenstoffes zu Kohlensäure, der übrige Teil zu Kohlenoxydgas verbrannt, dessen absoluter Wärmeeffekt nur rot. 2400 Wärmeeinheiten (vgl. Tab. I) erreicht, während bei vollständiger Verbrennung zu Kohlensäure 8000 Wärmeeinheiten aus 1 kg Kohlenstoff erzeugt werden könnten. Das Bestreben der Heizingenieure, nach dieser Richtung die Leistungsfähigkeit der Anlagen zu steigern, ist daher voll berechtigt.

Das Verhältnis des praktischen Heizeffektes zu dem theoretischen nennt man in der Heiztechnik den „Wirkungsgrad des Feuerraumes“. Die Experimente zur Er-

1) Annales de chimie et de physique, 3. série XXXIV, 357—450; XXXVI, 5—47; XXXVII, 405—508.

mittelung dieses Wirkungsgrades sind in der Art angestellt worden, daß man bestimmte, wie groß die Wassermenge ist, welche durch 1 kg des zu untersuchenden Brennstoffes verdampft werden kann.[1]) Hierbei ergab sich im allgemeinen: daß der Wirkungsgrad η zwischen 0,40 und 0,80 des theoretischen Heizeffektes schwankt, daß aber bei guten Anlagen $\eta = 0,75 - 0,80$ gesetzt werden darf. Selbstverständlich hängt η auch sehr von der Bedienung des Herdes, z. B von der Höhe der Brennstoffschicht, der Zugregulierung und von den Intervallen, in denen neuer Brennstoff aufgeschüttet wird, ab. Bei annähernder Berechnung der Feuerungsanlagen kann also der Wert $\eta = 0,75 - 0,80$ nur dann in Anwendung kommen, wenn sorgfältige Wartung des Feuers durch einen geschickten Heizer — wie dies bei größeren Centralheizungen der Fall ist — in Aussicht steht.

§ 5.

Ermittelung der zur Verbrennung erforderlichen Luftmenge.

Die Bestimmung der zur Verbrennung nötigen Menge Sauerstoff unterliegt keinerlei Schwierigkeit, sobald sie unter der Annahme durchgeführt wird, daß lediglich der Kohlenstoff und der freie Wasserstoff die brennbaren Bestandteile des Brennstoffes bilden.

Es ist bekannt, daß

1 kg Wasserstoff mit 8 kg Sauerstoff zu 9 kg Wasser und ferner daß

3 kg Kohlenstoff mit 8 kg Sauerstoff zu 11 kg Kohlensäure verbrennen, daß also zur vollständigen Verbrennung von 1 kg Kohlenstoff $\frac{8}{3}$ kg Sauerstoff nötig sind.

Enthält hiernach der Brennstoff:

C kg Kohlenstoff,
H kg freien Wasserstoff,

so ist behufs vollständiger Verbrennung desselben die Zuführung von

$$\left(\frac{8}{3}\,C + 8\,H\right) \text{ Kilogr.}$$

Sauerstoff geboten und läßt sich also leicht die Menge der zuzuführenden Luft bestimmen. Wird nämlich die atmosphärische Luft lediglich als aus 77 Teilen Stickstoff und 23 Teilen Sauerstoff bestehend gedacht, wird also von den übrigen Beimischungen (Wasser, Kohlensäure u. s. w.) abgesehen, so beträgt das theoretische Luftquantum:

$$L = \frac{100}{23}\left(\frac{8}{3}\,C + 8\,H\right) \qquad (3)$$

welches durch das thatsächlich zuzuführende Quantum

$$L' = m\,L$$

zu ersetzen ist, wobei passend

für Holz und Torf $m = 1,5$
für Kohlen $m = 2,0$

zu wählen sind.

Mit Hilfe von Formel 3 hat Grashof nachstehende Tabelle berechnet, welche nicht nur das Gewicht G der Heizgase in Kilogrammen, sondern außerdem die Dichtigkeit δ derselben, bezogen auf die atmosphärische Luft als Einheit und ihre mittlere spezifische Wärme c enthält, und zwar für $m = 1$ und $m = 2$. Für $m = 1,5$ wird man Mittelwerte nehmen.

Tabelle III.

Brennstoff.	L	m = 1			m = 2		
		G	δ	c	G	δ	c
Holz	4,52	5,50	1,003	0,266	10,02	1,002	0,254
Torf	4,41	5,31	0,993	0,268	9,72	0,996	0,256
Braunkohle	6,32	7,24	1,023	0,258	13,56	1,012	0,250
Steinkohle	10,67	11,63	1,043	0,250	22,30	1,022	0,245
Holzkohle	10,20	11,15	1,071	0,244	21,35	1,036	0,242
Coaks	10,26	11,20	1,077	0,242	21,46	1,039	0,241

Schwer nur gelingt es bei unseren Feuerungen, in denen feste Brennstoffe zur Verwendung kommen, sämtlichen zugeführten Sauerstoff zum Verbrennen zu bringen, weil auch die geschickteste Anordnung des Verbrennungsraumes und die aufmerksamste Bedienung die zum Feuer zugeführte Luft nicht in der Art zu verteilen vermag, daß der Sauerstoff an jeder Stelle mit gleicher Intensität verbrennt, schon deshalb, weil der Brennprozeß durch Aschen- und Schlackenbildung beeinträchtigt wird.

1) Die Verdampfungsfähigkeit eines bestimmten Brennstoffes gestattet nun den Heizwert desselben zu beurteilen. Aus dem Heizwert aber kann auf die Preiswürdigkeit der betreffenden Brennstoffe geschlossen werden.

Zweites Kapitel.

Feuerungsanlagen im allgemeinen.

Während im vorhergehenden Kapitel die Erscheinungen, welche sich im Bereich unserer Feuerungsanlagen beobachten lassen, vom Standpunkte der Theorie aus erörtert wurden, mögen nunmehr die einzelnen Teile der im vorliegenden Bande zu behandelnden Feuerungen in ihren allgemeinen Umrissen besprochen werden. Wir knüpfen dabei an die in § 1 gegebenen Definitionen an, wonach sich bei jeder derartigen Konstruktion drei Hauptteile unterscheiden lassen, nämlich:

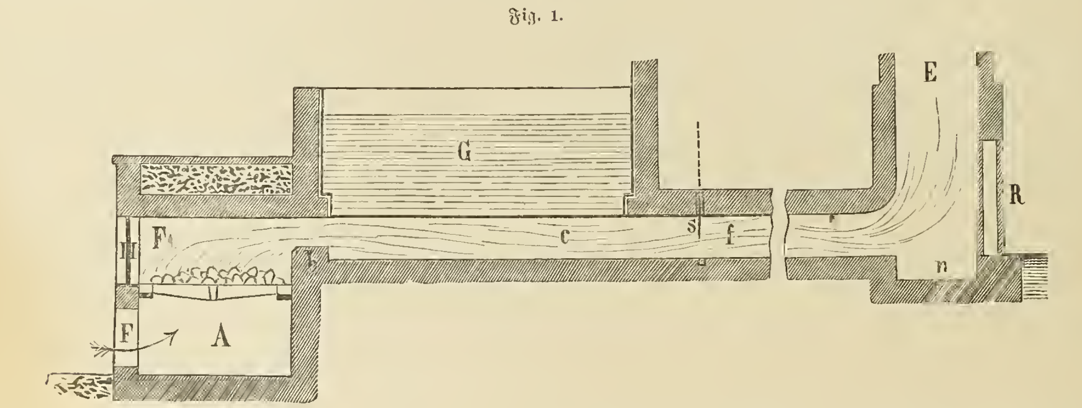
a) der Verbrennungsraum oder die Stätte der Wärmeerzeugung;

b) der Heizraum als Apparat der Wärmeüberführung;

c) der Schornstein als Zugerzeuger.

Zu diesem Zwecke ist in Figur 1 die Anordnung einer Feuerungsanlage dargestellt. Darin bezeichnet der Buchstabe F den Feuerraum oder Herd. Zur Einbringung des Brennstoffes dient die Heizthür. E stellt die Esse dar und der zwischen Esse und Feueraum liegende, kanalartige Teil c, in welchem die Heizgase, dicht unter dem Boden des Gefäßes hingeführt werden, bildet den Heizraum.

Fig. 1.



§ 6.

a. Der Verbrennungsraum.

Dieser Raum soll den Brennstoff aufnehmen und den sich entwickelnden Heizgasen den Abzug nach dem Heizraum ermöglichen. Er ist deshalb auf der einen (unteren) Seite durch den Herd beziehungsweise den Rost, die Unterlage des Brennmateriales, auf drei anderen Seiten durch feste Wände begrenzt, während auf der fünften und sechsten Seite die zur Einbringung des Brennstoffes dienende Heizthür (Schüröffnung) bezw. die das Entweichen der gasförmigen Verbrennungsprodukte gestattende Öffnung sich befinden.

Der Herd besteht in der Regel aus einem glatten Boden von Mauersteinen oder aus einer eisernen Platte, und wird die die Verbrennung unterhaltende Luft durch in der Heizthür befindliche spaltenförmige Öffnungen, die mittels eines Schiebers nach Bedürfnis größer oder kleiner gemacht werden können, zugeführt.

Wird ein Rost, d. i. eine durchbrochene Platte gewählt, so ist unter diesem stets ein Aschenraum, zugänglich durch das Aschenloch (A, Fig. 1), anzuordnen, durch welches letztere die Luft unter den Rost tritt, um dessen Spalten passierend, den Brennstoff zu durchstreichen. Die Bedienung des Rostes ist hierbei so zu regeln, und die Dimensionen sind so zu bemessen, daß die Luftzuführung eine den jedesmaligen Umständen angemessene ist, und daß nur der Asche, nicht aber kleineren Brennstoffstückchen das Durchfallen ermöglicht wird. Ferner ist darauf Bedacht zu nehmen, daß der Rost den Brennstoff mit genügender Sicherheit stützen und den verheerenden Einwirkungen des Feuers eine gewisse Zeit lang widerstehen soll.

Die üblichsten Rostkonstruktionen lassen sich in folgende Kategorien bringen:

1) Planroste,
2) Treppenroste,
3) Etagenroste.

1) Der Planrost besteht bei kleineren Anlagen (Kochherden, Stubenöfen, kleineren Waschkesselfeuerungen) aus einer in einem Stücke gegossenen durchbrochenen eisernen

Platte, wird jedoch bei mittleren und größeren Anlagen aus einzelnen Stäben, den sogenannten Roststäben (Tafel 1, Fig. 1—3), zusammengesetzt. Diese erhalten Trapezquerschnitt, von oben nach unten um 4 bis 6 mm sich verjüngend, und werden an den Enden und, wenn länger als circa 0,60 m, auch in der Mitte derart verstärkt, daß bei dicht aneinandergelegten Stäben die Rostspalten die gewünschte Weite erhalten. Die Stäbe werden auf gußeisernen Platten gelagert, und zwar in der Weise, daß eine Verschiebung auf der Lagerfläche möglich ist. Dies geschieht, damit die durch Temperaturerhöhung bedingte Ausdehnung, welche ungefähr $^1/_{50}$ der Roststablänge beträgt, nicht schädliche Spannungen erzeuge oder schließlich ein Sich-Krümmen der Stäbe veranlasse; doch hat die häufig anzutreffende Anordnung von Spielräumen den Nachteil, daß diese illusorisch werden, sobald sie durch Schlacken oder kleine Brennstoffteilchen verstopft sind. In neuerer Zeit findet man daher nicht selten an dem einen Ende eine schräge Gleitfläche (Tafel 1, Fig. 2), eine Konstruktion, die sich empfiehlt, sobald der Rost nicht länger als zwei Roststablängen ist. Dies letztere ist in der Regel der Fall. Besteht der Rost aus zwei oder mehreren hintereinanderliegenden Rosten (Tafel 1, Fig. 3), so wird der zwei Roststabsystemen gemeinschaftliche Rostträger zweckmäßig zu durchbrechen sein, damit die freie Rostfläche möglichst wenig geschmälert werde.

Bezüglich der Lage des Planrostes ist es empfehlenswert, ihn stets horizontal anzuordnen, da es bei geneigtem Roste ungleich schwieriger wird, die Brennstoffschicht konstant dick zu erhalten.

Das Bestreben, die Roststäbe feuerfest herzustellen, hat zu sehr verschiedenen Konstruktionen, die nur wenig Eingang gefunden haben, geführt. So hat man hohle Stäbe konstruiert und in diesen kaltes Wasser zirkulieren lassen; man hat ferner anstatt des Gußeisens sich des Schmiedeeisens bedient; ja man hat sogar hohle thönerne Stäbe gebildet — alles ohne den gewünschten Erfolg, so daß man jetzt fast durchgängig mit beinahe alleiniger Ausnahme einiger hüttenmännischen Feuerungsanlagen (Puddel- und Schweißöfen), bei denen noch schmiedeeiserne Stäbe anzutreffen sind, dem Gußeisen den Vorzug giebt.

Zweckmäßige Dimensionen der Roststäbe sind die folgenden:

Länge der Roststäbe $\lesseqgtr$ 1 m, so daß also bei Rosten von mehr als 1 m Länge zwei Roststablängen in Anwendung kommen.

Breite der Rostspalten:

für Holz als Brennstoff . .	7— 9 mm
„ Torf „ „ . .	13—18 mm
„ staubige Braunkohle . .	4— 9 mm
„ stückige „ . .	9—13 mm
für fette, backende Steinkohle .	17—20 mm
„ nicht backende „ .	8—10 mm
„ Coaks	10—12 mm.

Höhe des Roststabes in der Mitte (nach v. Reiche)

$$h = 25\,\text{mm} + 0{,}1\,l,$$

wobei l die Länge des Stabes bedeutet.

Dicke des Roststabes oben gemessen 20 mm,

Höhe des Stabes am Auflager 35 mm.

2) Der Treppenrost (Tafel 1, Fig. 4), welcher fast nur Anwendung findet, wenn der Brennstoff staubförmig ist, also vorzugsweise bei staubiger Braunkohle, besteht im wesentlichen aus zwei in der Regel unter 30° geneigten und im Abstande 0,4 m bis in maximo 0,6 von einander angeordneten Wangen, an denen horizontale, sich teilweise überdeckende Stufen befestigt sind und die oben und unten auf je einen gußeisernen Balken sich lagern. Oberhalb B befindet sich ein Fülltrichter, durch welchen der Brennstoff möglichst häufig und in kleinen Portionen dem Roste zugeführt wird. Das unverbrannt an der tiefsten Stelle des Rostes anlangende Brennmaterial wird auf dem dort befindlichen Planroste P verbrannt und besteht dieser entweder aus einer durchbrochenen Platte oder aus einem Rahmen mit Roststäben der vorhin erläuterten Konstruktion. Der Luftzutritt unter diesen Planrost wird dann bei sorgfältiger durchgeführten Konstruktionen durch teilweises Aufziehen des horizontalen plattenförmigen Schiebers S reguliert und dient dann letzterer gleichzeitig zur Aufnahme der durch den Planrost ausgestoßenen Asche. Auch die auf dem Roste P sich ansammelnde Schlacke kann man sehr leicht entfernen, wenn man den zur Aufnahme der Roststäbe dienenden Rahmen schieberartig einrichtet. Nach Ausziehen desselben fallen dann die Schlacken auf den Schieber S und nach Öffnen dieses in das Aschenloch A.

Die zweckmäßigste Verbindung der Stufen mit den Wangen wird jedenfalls die sein, welche das Auswechseln jeder einzelnen Stufe gestattet und zudem verhindert, daß die Deformation einer Stufe die Formänderung sämtlicher übrigen im Gefolge hat. Deshalb empfiehlt sich die in Fig. 5, Tafel 1, dargestellte Anordnung. Die Stufen ruhen auf an die Wangen angegossenen Leisten derart, daß einer Ausdehnung infolge der Erwärmung kein Hindernis sich entgegenstellt. Die oberste Stufe ist zur sogenannten Schürplatte verbreitert.

Nach v. Reiche erweisen sich folgende Abmessungen als zweckmäßig[1]):

Breite der Wangen 100 mm bis 120 mm,

Stärke „ „ 25 mm,

1) v. Reiche, a. a. O.

Gesamtlänge des Rostes höchstens 2 m,
Breite „ „ „ 1,3 m,
Dicke der Stufen 8 mm bis 12 mm,
Lichter Abstand der Stufen 19 mm bis 20 mm,
Breite der Roststäbe 118 mm bis 120 mm.
Die gußeisernen Balken zur Unterstützung des unteren Endes des Rostes und des Schiebers S sind 130 mm breit und 40 mm bis 50 mm stark zu machen.
Dem Balken B zur Unterstützung des oberen Endes ist hingegen bei 6 cm Breite eine Höhe von 9 cm zu geben; auch ist derselbe 15 cm tief in die Mauer einzulassen.
Der Schieber S erhält bei circa 45 cm Länge 1,0 bis 1,2 cm Dicke und springt 8 cm in die Mauer ein.
Der Planrost wird — falls er aus einer durchbrochenen Platte besteht — 2,5 cm stark gemacht; sonst erhält er 5—7 cm Höhe.

Der Treppenrost hat den Vorzug leichter Bedienung und ist — wie bereits bemerkt worden — sehr empfehlenswert für staubförmigen Brennstoff. Er hat jedoch den Nachteil, die Asche nicht selbst auszustoßen, und macht deshalb während des Betriebes eine häufige Reinigung der Spalten nötig; auch wird der Brennstoff mit einer verhältnismäßig großen Masse Eisen in Berührung gebracht und dadurch merklich abgekühlt. Der Treppenrost ist unbrauchbar für sinternde oder gar backende Brennstoffe, da das bei diesen so notwendige Aufbrechen nicht möglich ist.

3) Langen's Etagenrost. Eine Rostkonstruktion, die bei ihrem ersten Erscheinen großes Aufsehen erregte, die Erwartungen Vieler auf das höchste spannte, jetzt aber wenig mehr in Gebrauch ist, da die Brennmaterialersparnis keineswegs die gewünschte war, ist die von Langen erfundene und durch die Skizze Fig. 6, Tafel 1, veranschaulichte Kombination des Treppenrostes und Planrostes, bekannt unter dem Namen Langen'scher Etagenrost. Der Anordnung, auf deren Details wir nicht weiter eingehen wollen, liegt das Prinzip, mehrere übereinander gelegene Schürplatten zu gewinnen, zu Grunde, und ist hiermit der große Vorteil verbunden, daß bei Beschickung einer der unteren Schürplatten die aus dem frisch aufgeworfenen Brennstoffe sich entwickelnden und die Produkte einer sehr unvollkommenen Verbrennung enthaltenden Gase die heißen Edukte der oberen Schürplatten durchstreichen müssen und durch diese weiter verbrannt werden. Im Gefolge dieses Arrangements, welches einen immerhin nicht unbeträchtlichen Abstand der einzelnen Etagen bedingt, ist aber eine zu hohe Brennstoffschicht, welche der Luft nur schwer den Durchgang gestattet und zur Bewältigung der dem Luftzutritt entgegengesetzten Widerstände eine Verstärkung des Zuges erheischt. Dieser sehr schwer in die Wagschale fallende Umstand ist besonders gewichtig bei staubförmigem Brennstoff, während bei sinterndem und backendem Materiale aus Gründen des erschwerten Aufbrechens die Wahl des Etagenrostes als eine keineswegs glückliche sich erweisen dürfte. Da nun auch die Stückkohle am besten auf einem Planroste verbrannt wird, so ist die Auswahl des Brennstoffes für den Etagenrost eine so geringe, daß es wohl erklärlich bleibt, warum die Konstruktion verlassen wurde.

Zu der Skizze Fig. 6, Tafel 1, werde noch bemerkt, daß an der tiefsten Stelle des Langen'schen Rostes ein Planrost sich befindet, dem die zweifache Funktion der Verbrennung des herabgefallenen Brennstoffes und der Entfernung der Schlacken obliegt.

Auf eine Beschreibung noch weiterer Rostkonstruktionen müssen wir — dies Spezialwerken überlassend — verzichten, und wenden uns den anderen Teilen des Feuerraumes zu.

Zunächst ist hervorzuheben, daß die Seitenwände normal zur Rostfläche gerichtet sein müssen, um den Luftstrom zu zwingen, in dieser Richtung die Brennstoffschicht zu durchstreichen. Diese Bedingung veranlaßt auf der den Heizgasen den Abfluß gestattenden Seite die Anordnung der sogenannten Feuerbrücke b, Fig. 1, deren erster Zweck es also nicht ist — wie vielfach behauptet wird —, den Querschnitt des Feuerraumes auf den kleiner ausfallenden der Züge zu reduzieren, sondern welche hauptsächlich deshalb bis zu mindestens 0,3 m Höhe aufgeführt werden muß, um den Luftzutritt in einer die Verbrennung begünstigenden Weise zu beinflussen. Nebenzweck der Feuerbrücke ist allerdings auch die Abgrenzung des Feuerraumes und — namentlich bei schräg liegenden Rosten — die Bildung eines Widerlagers für die Brennstoffschicht; sie hindert auch das Mitreißen der Flugasche durch die Feuergase. Es geht hieraus hervor daß es zweckmäßig sein wird, die Feuerbrücke nicht zu krümmen, sondern nur an der Oberkante leicht abzurunden.

Die Höhe des Feuerraumes richtet sich zuvörderst nach der Beschaffenheit des Brennstoffes; sie muß so groß sein, daß die Flamme sich völlig entwickeln kann und die Heizgase noch vor Eintritt in den Heizraum möglichst vollständig verbrennen. Weiter wird die Beschaffenheit des die Decke bildenden Materiales maßgebend sein. Bei größeren Anlagen, in deren Feuerstätten hohe Temperaturen entstehen, wird der Verbrennungsraum einer Vorfeuerung stets mittels feuerfester Steine umschlossen. Ferner wird über dem die Decke bildenden Gewölbe — durch eine Isolierschicht getrennt — ein zweites angeordnet, und dieses mit schlechten Wärmeleitern bedeckt, um Wärmeverlusten vorzubeugen. Dann wird es sich empfehlen, den Feuerraum möglichst niedrig[1]) zu

1) Bei Vorfeuerung, wie solche Fig. 1 darstellt, macht man den Verbrennungsraum nicht höher als die Heizthür, bei Unterfeuerung (Fig. 4) und Innenfeuerung ist die Höhe nicht zu gering zu wählen; als Minimum ist die Höhe = 0,60 m anzu-

machen, damit das Gewölbe schnell glühend wird und den aus dem frisch aufgeschütteten Brennstoffe sich bildenden Rauch entzündet. Die Minimalhöhe ist gleich der durch die Ermöglichung einer bequemen Bedienung des Rostes normierten Minimalhöhe der Heizthür. Die Dimensionen dieser sind folgende:

1) wenn einflügelig:
   Breite: 30—35 cm
   Höhe: 25—30 cm
2) wenn zweiflügelig:
   Breite: 45—53 cm
   Höhe: 30—35 cm.

Teils zur Verhinderung von Wärmeverlusten, teils auch um die Heizthür gegen die verheerenden Wirkungen des Feuers zu schützen, empfiehlt es sich, an der Innenseite der Thür Rippen anzubringen und zwischen diese dann eine Schicht feuerfesten Thon zu lagern. Zu gleichem Zwecke wird sehr häufig im Abstande von circa 10 cm von der Feuerthür eine mit dieser durch Stehbolzen verbundene schmiedeeiserne Schutzplatte angebracht, behufs deren Abkühlung in der Thür kleine, durch einen Schieber ganz oder teilweise verschließbare Öffnungen sich befinden. Außerdem ist es bei größeren Anlagen durchaus ratsam, zwischen der Vorderkante des Rostes und der Feuerthür circa 30—40 cm Abstand zu lassen; eine Anordnung, die sich übrigens schon des bequemeren Schürens wegen empfiehlt.

Der Aschenraum, auch Aschenloch, A in Fig. 1, genannt, erhält mit dem Roste mindestens dieselbe Breite und Länge; geringere Dimensionen sind unter keinen Umständen zuzulassen. Die Höhe des Aschenraumes ist gleichgültig; sie übt auf den Luftzutritt keinen Einfluß; man wählt sie in der Regel so, daß die das Aschenloch schließende Thür nicht stark erhitzt wird. Diese Thür wird, um eine Regulierung des Luftzutrittes zu ermöglichen, zweckmäßig durch einen in gußeisernem Rahmen laufenden Schieber ersetzt. Auf den Boden des Aschenraumes stellt man zuweilen ein Gefäß mit Wasser, das bestimmt ist, die nach unten strahlende Wärme aufzunehmen und die Unterseite des Rostes zu kühlen, die Roststäbe also zu konservieren. Auch tragen die sich entwickelnden Wasserdämpfe dazu bei, die Verbrennung lebhafter zu gestalten. Diese an und für sich rationelle Anordnung dürfte jedoch, namentlich bei größeren Anlagen, für die Dauer etwas unbequem werden, und ist dies vielleicht der Grund, warum man ihr nur selten begegnet.

---

sehen. — Grashof empfiehlt für Unterfeuerung und backende Steinkohle die Höhe h des Feuerraumes = 0,8 + 0,35 = 0,43 m und für staubförmige Steinkohle h = 0,12 + 0,35 = 0,47 m; für Coaks ist h = 0,55 m zu wählen.

§ 7.

Die Rauchverzehrung.

Nachdem wir das allgemeine Bild eines Verbrennungsraumes fixiert haben, liegt uns die Erörterung einer Frage ob, die seit Dezennien den Geist der Ingenieure beschäftigt und zur Erfindung einer geradezu unübersehbaren Menge von Konstruktionen drängte, welche allerdings nur auf einer geringen Zahl von Prinzipien beruhen. Es ist dies die Frage der Rauchverzehrung.

Nicht nur, daß es Gründe der Ökonomie sind, welche die Beseitigung des der Esse entströmenden Rauches, dieses Kennzeichens einer unvollkommenen Verbrennung und einer unrationellen Verwertung des immer kostbarer werdenden Brennstoffes wünschenswert erscheinen lassen; es sind auch sanitätspolizeiliche Rücksichten, welche der Erzielung möglichst rauchloser Verbrennung das Wort reden; sie haben in beinahe allen Staaten Veranlassung gegeben, in die Vorschriften, betreffend die Erteilung der Genehmigung zur Erbauung einer größeren Feuerungsanlage einen Passus aufzunehmen, der fast übereinstimmend sich dahin ausspricht, daß die benachbarten Grundbesitzer durch Rauch und Ruß keine erheblichen Belästigungen und Beschädigungen erleiden dürfen und daß, falls solche Übelstände sich nach Eröffnung des Betriebes bemerkbar machen, der Unternehmer zur nachträglichen Beseitigung derselben durch Erhöhung des Schornsteins, Benutzung eines andern Brennmateriales, Anwendung rauchverzehrender Vorrichtungen oder auf andere Weise verpflichtet sei.

Trotz alledem und ungeachtet der Anstrengungen einer großen Anzahl tüchtiger Ingenieure ist die Frage nach einem allen Anforderungen entsprechenden Rauchverzehrungsapparate noch weit von ihrer Lösung entfernt, und ist es namentlich die Bedingung der größtmöglichen Ökonomie, deren Erfüllung sich nicht unbedeutende Schwierigkeiten entgegenstellen. Eine große Zahl der entstandenen Konstruktionen, ja sogar solche, deren Grundprinzipien zu hohen Erwartungen berechtigten, zählen demnach heute nur noch zu den historischen.

So sehr sich nun auch die Ansicht Bahn zu brechen scheint, daß ein geschickt bedienter Planrost — oder (bei staubförmigem Brennstoff) ein sorgsam abgewarteter Treppenrost — dieselbe Wirkung zu erzielen im stande sei, als die Mehrzahl der zu Tage geförderten und häufig mit großer Reklame eingeführten Rauchverzehrungen, und daß er dabei hinsichtlich der Anlagekosten weit unter jene zu stehen komme, so sind die Prinzipien vieler dieser Anlagen doch so richtig, daß ein Aufgeben der Lösung der Frage keineswegs gerechtfertigt wäre, um so weniger als Mangel an verständnisvoller Dimensionierung und das unzulängliche Sich-Anschmiegen an die Verhältnisse der gesamten Anlage nicht

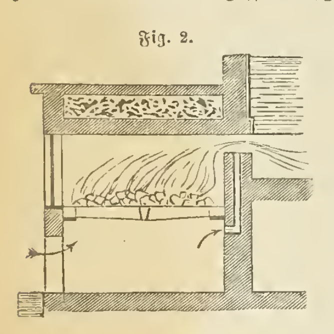
unwesentlich dazu beigetragen haben mögen, viele der Rauchverzehrungen zu diskreditieren. Auch befinden sich einige Konstruktionen darunter, die als recht rationell von kompetenter Seite empfohlen sind.

Deshalb sollen im Folgenden diese Prinzipien besprochen und die Wege angedeutet werden, auf denen man die Lösung der Aufgabe zu finden bestrebt war und noch zu finden bestrebt ist.

1) Das am häufigsten in Anwendung gebrachte Mittel war die Zuführung von Luft durch besondere Kanäle, und zwar von erwärmter Luft, weil sonst die Aufhebung des Luftmangels durch Erhöhung der Abkühlung leicht aufgewogen werden kann. Zu Gunsten dieser Lösung der Frage spricht der Umstand, daß gerade dann, wenn infolge Beschickung des Rostes mit frischem Brennstoffe die Produkte einer unvollkommenen Destillation entweichen, der Luftzutritt infolge der größeren Dicke der Brennstoffschicht ein unzulänglicher ist und erst späterhin bei abnehmender Dicke sich lebhafter gestaltet.

Den Gedanken zu realisieren, hat man hohle Roststäbe konstruiert, welche die Luft, sich darin erwärmend, passiert, um hinter der Feuerbrücke mit den Heizgasen sich zu mischen. Man hat ferner in den stark erhitzten Seitenwänden oder in der Feuerbrücke mit der atmosphärischen Luft kommunizierende Kanäle ausgespart (Fig. 2), denen die angewärmte Luft in der Nähe der Feuerbrücke entströmte, um zu den Verbrennungsprodukten sich zu gesellen. Indes ist bei derartigen Anlagen darauf zu achten, daß — falls nicht etwa heiße Luft zur Verfügung steht — die Erwärmung der Luft dem Herdfeuer selbst obliegt, welcher Umstand einen Wärmeverlust im Gefolge hat und leicht Veranlassung geben kann, daß bei nicht zweckmäßiger Regulierung dieses sekundären Luftzutrittes, der genau nur so lange währen kann, als die bei Neubeschickung entstehende Trockendestillation dauert, zwar eine teilweise Rauchverzehrung, aber auch Verlust an Wärme, also eine Verringerung des Wirkungsgrades der Feuerungsanlage zu gewärtigen ist.

Fig. 2.



2) Ein zweites sehr wirksames Mittel, eine vollkommenere Verbrennung zu erzielen, ist:

„die Heizgase mit glühenden, möglichst porösen Körpern in Berührung zu bringen und an diesen sich entzünden zu lassen."

Es wird dies bei der Vorfeuerung, wie schon erörtert, dadurch erreicht, daß die Höhe des Feuerraumes auf ein Minimum beschränkt bleibt, und daß man außerdem Decke und Seitenwände dick, aus feuerfestem Stein und unter Anwendung von Isolierschichten aufführt. Auch die Feuerbrücke gehörig zu verbreitern, ist empfehlenswert, da dieselbe bei größerer Oberfläche in erhöhtem Maße fähig ist, von den Feuergasen der letzten Beschickung Wärme aufzunehmen, um sie an die Destillationsprodukte der neuen Beschickung wieder abzugeben. Bei Unterfeuerungen bleibt die Funktion der Rauchverzehrung, den Seitenwänden und der Feuerbrücke allein überlassen, bei der Innenfeuerung sogar lediglich dieser letzteren, so daß erklärlich ist, warum unter sonst gleichen Umständen der kalorimetrische und in noch höherem Grade der pyrometrische Effekt der Vorfeuerung größer ist als bei der Unterfeuerung oder bei der Innenfeuerung.

3) Sehr rationell ist die Anordnung von zwei nebeneinander oder übereinander liegenden Rosten, welche abwechselnd beschickt werden. Der Vorzug der Anlage ist nicht allein der anfänglich bezweckte, nämlich eine Mischung der auf dem letzt beschickten Roste sich bildenden Destillationsprodukte mit den heißen Gasen der anderen Feuerstätte, sondern auch eine bessere Regulierung des Luftzutritts, da Luftmangel über dem neu aufgeschütteten und Luftüberschuß über dem früher aufgebrachten Brennstoffe sich annähernd ausgleichen.

Zwei derartige Anlagen sind auf Tafel 2 dargestellt. Die eine von Fairbairn herrührende Anordnung zweier übereinanderliegenden geneigten Planroste (Fig. 4) bedarf einer weiteren Erläuterung nicht. Die zweite, Fig. 1 und 2, v. Reiche[1]) als sehr vorzüglich empfohlen, besteht aus zwei nebeneinanderliegenden horizontalen Planrosten. Das Feuergewölbe a ist aus einzelnen Bögen gebildet, die zwischen sich die Spalten s lassen, durch welche die Gase in den beiden Feuerstätten gemeinschaftlichen, feuerfest überwölbten, mit Isolierschichten versehenen Raum K strömen und in diesem vor Eintritt in den Heizraum H sich mischen. Der Vorzug der Konstruktion ist nicht allein in der jedenfalls in hohem Maße stattfindenden Rauchverbrennung zu suchen, welche namentlich dadurch sehr gefördert wird, daß der Rauch an den glühenden Bögen a sich entzündet, sondern auch darin, daß die den Feuerraum nach hinten völlig abschließende vertikale Wand die zuströmende Luft zwingt, die Brennstoffschicht normal zur Ebene des Rostes zu durchstreichen, eine Bedingung, welcher durch Anordnung einer Feuerbrücke immerhin nur unvollkommen Genüge geleistet wird.

4) Man hat die periodische Beschickung des Rostes durch eine kontinuierliche zu ersetzen versucht, und ist als eine der dahin zielenden Vorrichtungen, und zwar als die noch am häufigsten im Gebrauch sich befindende, der bei Gelegenheit der Besprechung des Treppenrostes erwähnte Fülltrichter anzusehen. Daß an eine kontinuierliche Beschickung des

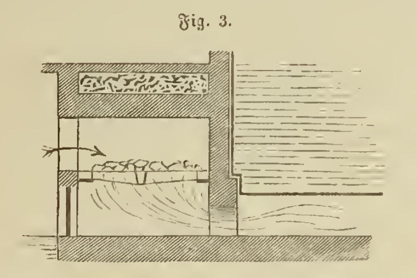
1) v. Reiche, a. a. O.

Rostes im vollen Sinne des Wortes nicht zu denken ist, dürfte selbstverständlich sein; alle dahin zielenden Versuche scheiterten an der unregelmäßigen Beschaffenheit und der allzusehr variierenden Stückgröße der Brennstoffe.

5) Sehr empfehlenswert ist weiter das Bestreben, das neu aufzubringende Brennmaterial zwischen den Rost und die auf diesem befindliche Brennstoffschicht zu lagern. Dasselbe hat die Konstruktion des Langen'schen Etagenrostes veranlaßt, der sich aber der vorhin gerügten Fehler wegen ein großes Feld praktischer Anwendung nicht zu erobern im stande war.

6) Die weitere Verfolgung des sub 5 ausgesprochenen Gedankens führte zur Umkehrung des Zuges (veranschaulicht durch die Skizze in Fig. 3). Feuerbrücke und

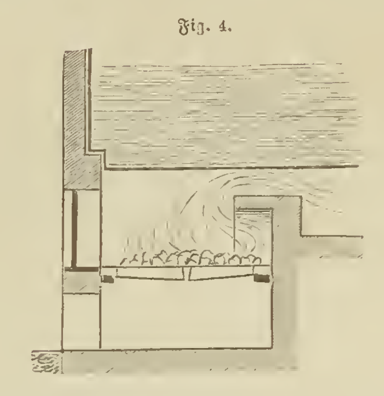
Fig. 3.



Heizkanal befinden sich unterhalb des Rostes. Das Aschenloch ist geschlossen, die Heizthür geöffnet, und sind somit die Heizgase gezwungen, ihren Weg durch die Brennstoffschicht zu nehmen. Die Edukte einer Neubeschickung werden beim Passieren der glühenden Brennstoffschicht jedenfalls in einer sehr rationellen Weise verwertet; doch sind mit der Anlage nicht zu unterschätzende Nachteile verbunden, welche dieselbe nur sehr bedingungsweise als empfehlenswert charakterisieren. Es ist dies zunächst eine außerordentlich starke Abnützung der Roststäbe, welche, der größten Glühhitze preisgegeben, durch keinen Luftzug gekühlt werden und demzufolge eine in einzelnen Fällen nicht unerhebliche Steigerung der Unterhaltungskosten veranlassen. Sodann ist aber durch das den heißen Gasen eigene Bestreben, nach oben zu steigen, eine stärkere Zugwirkung erforderlich, als unter denselben Verhältnissen bei einer Feuerung mit gewöhnlichem Zuge, und dürfte dieser Punkt wesentlich die Anlagekosten beeinflussen. Trotz alledem ist die Anordnung der Zugumkehrung dort empfehlenswert, wo es sich um größtmögliche Ausnutzung des pyrometrischen Effektes handelt, namentlich also bei Anlagen, wo es sich weniger um vollständige Verwertung der nutzbar gemachten Wärme, als vielmehr um Erzielung einer sehr hohen Temperatur handelt, bei denen also die Heizgase mit noch beträchtlicher Temperatur in die Esse entweichen und deshalb selbst bei minder hohen Schornsteinen einen kräftigen Zug erzeugen.

7) Ein dem sub 6 erläuterten analoges Prinzip ist es, die Stichflamme zu zwingen, vor Passieren der Feuerbrücke rückwärts zu schlagen (Fig. 4), um die Destillationsprodukte der auf der vorderen Partie des Rostes lagernden

Fig. 4.



frischen Beschickung zu verbrennen. Es wird dies erzielt durch ein vor der Feuerbrücke angebrachtes glattes Gewölbe.

8) Eine fernere Kategorie rauchverzehrender Anlagen leitet einen Strom von Wasserdämpfen in den Feuerraum und bezweckt hierdurch nicht allein eine lebhaftere Verbrennung, sondern soll ein Glühendwerden des Rostes verhindern, hierdurch also wesentlich zur Konservierung der Roststäbe beitragen. Perkins brachte überhitzten Dampf in Anwendung und will hierdurch eine sehr beschleunigte Verbrennung erzielt haben.

9) Den Schluß bilden die Gasfeuerungen, aus zwei Verbrennungsräumen gebildet, in deren erstem, dem Generator, absichtlich eine unvollkommene Verbrennung, nämlich Verwandlung des Kohlenstoffes in Kohlenoxydgas angebahnt wird, während der zweite die Generatorgase aufnimmt und als Stätte der Verbrennung derselben dient. Wir werden auf diese von vielen mit Recht als „Zukunftsfeuerung" gekennzeichnete Verbrennungsmethode noch zurückkommen.

§ 8.

b. Der Heizraum.

Der Heizraum ist der zwischen dem Verbrennungsraume und der Esse gelegene Apparat der Wärmeüberführung; er ist bestimmt, die nutzbar gemachte Wärme möglichst vollständig zu verwerten, und wird zu diesem Zwecke aus einem System von Kanälen, den Feuerzügen, zusammengesetzt. In den Kanälen werden die Heizgase um den zu erwärmenden Körper herumgeführt, auf diese Weise gezwungen, ihre Wärme an jenen abzugeben, und schließlich mit einer auf ein bestimmtes Maß festzusetzenden Temperatur in die Esse geleitet, um den für die Verbrennung notwendigen Zug zu erzeugen.

Zunächst drängt sich uns hierbei die Frage nach der zweckmäßigsten Anordnung der Kanäle auf und ist vor allem die Entscheidung zu treffen, ob engen oder weiten Kanälen

der Vorzug einzuräumen sei. Nun ist durch Untersuchungen dargelegt, daß die an den Kanälen auftretenden Reibungswiderstände zu ihrer Überwindung eine nicht unbeträchtliche Druckhöhe erforden. Dieser Umstand spricht zu Gunsten der Anordnung weiter Kanäle.

Für die Wahl enger Kanäle lassen sich aber ebenfalls triftige Gründe aufstellen, und gehört hierzu namentlich die größere Wärmetransmissionsfähigkeit, d. i. die größere nützliche Abkühlung der Heizgase und — falls die Kanäle nur auf der einen Seite durch Heizfläche, auf der anderen aber vielleicht durch Mauerwerk begrenzt sind — eine geringere schädliche Abkühlung.

Eine endgültige Entscheidung vermag die Theorie nicht zu treffen, da das Gesetz, nach welchem das Wärmeabgabevermögen der Heizgase mit ihrer Entfernung von der Heizfläche abnimmt, nicht bekannt ist und nur dieses eine rationelle Grundlage wissenschaftlicher Untersuchung der in Rede stehenden Frage bilden dürfte.

Es ist daher geboten, sich auf die Erfahrung des Praktikers zu stützen, welche insofern nicht völlig maßgebend ist, als sie wohl zeigt, wie eine Anlage gestaltet werden müsse, um ein gutes und die gestellten Erwartungen befriedigendes Resultat zu erzielen, die aber nicht leicht im stande ist, uns auf diejenige Konstruktion zu führen, welche das beste aller überhaupt möglichen Ergebnisse liefert. Dies zu erreichen, müßten noch sehr viele Variationen durchprobiert werden.

Ein bloßer Vernunftschluß könnte vielleicht einen Anhaltpunkt bieten und dieser ist folgender:

Enge Kanäle besitzen ein großes Wärmetransmissionsvermögen, ermöglichen also eine bessere Ausnutzung der produzierten Wärme; sie erfordern einen geringeren Brennmaterialverbrauch und infolgedessen ein kleineres Betriebskapital. Diesem steht jedoch eine höhere Esse und, durch diese bedingt, ein größeres Anlagekapital gegenüber. Dagegen tritt im Gefolge weiter Kanäle ein größerer Konsum an Brennstoff, also ein größeres Betriebskapital, aber auch der kleineren Reibungswiderstände wegen eine geringere Schornsteinhöhe und ein kleineres Anlagekapital auf.

Was nun die Praxis anbetrifft, so spricht sich dieselbe mit großer Entschiedenheit für die Anordnung enger Kanäle aus, und führt beispielweise v. Reiche in seinem die Anlage und den Betrieb von Dampfkesseln betreffenden Werke an, man solle die Heizkanäle der Dampfkesselfeuerungen für den Fall, daß sie nur einseitig von Heizfläche, im übrigen aber von Kesselmauerwerk begrenzt sind, nicht enger als 10 cm und nicht weiter als 15 cm machen, wobei die angeführten Maße diejenigen normal zur Heizfläche sind für den Fall jedoch, daß die gesamte Begrenzung des Kanals Heizfläche ist, diesen so eng als möglich anordnen.

Wir machen noch auf einen Umstand aufmerksam, dessen Unterschätzung alle die etwa angestellten subtilen Untersuchungen illusorisch machen dürfte und der Veranlassung geben kann, daß das best konstruierte Kanalsystem den gewünschten Erfolg nicht zu liefern vermag.

Es ist dies ein Hinweis auf die Notwendigkeit der häufigen Reinigung der Züge und führen wir als ein jedenfalls eklatantes Beispiel die von Nöggerath beobachtete Erscheinung an, daß durch berußte Metallflächen selbst Heizgase von bis 400° Temperatur kaum nennenswerte Wärmemengen zu transmittieren im stande sind. Es ist hiernach bei Anordnung der Kanalsysteme vornehmlich darauf Bedacht zu nehmen, eine leicht vorzunehmende, den Betrieb nur wenig störende Reinigung sämtlicher Züge zu ermöglichen.

Was nun die Bestimmung der Größe des Kanalquerschnittes anbetrifft, so können wir die beinahe stereotyp gewordene Manier, dieselben gleich der der freien Rostfläche zu machen, keineswegs gutheißen.

Es bedarf keines besonderen Beweises, um einzusehen, daß die Größe des Kanalquerschnittes nicht sowohl von der Größe der freien Rostfläche, als vielmehr von der den Kanal passierenden Gasmenge abhängig ist, und daß auf demselben Roste, je nach der Dicke der Brennstoffschicht, in derselben Zeit ein sehr variables Volumen von Heizgasen sich entwickeln wird. Es werden ferner die Richtungsänderungen der Kanäle, sowie deren Länge und die Zugwirkung des Schornsteines in Betracht zu ziehen sein. Dies thut nun die Praxis nicht, sie empfiehlt ein für allemal die oben angeführte Regel und hält nur an der Feuerbrücke (resp. an denjenigen Stellen des Feuerbrückenkanales u. s. w., wo der Kanal absichtlich verengt werden soll) eine Verminderung des Querschnittes für erlaubt. Trotzdem halten wir es für geraten, nur im Falle eines mittleren stündlichen Brennmaterialkonsums, der bei

Steinkohlenfeuerung	auf	50 k	pro	qm	Rostfläche
Braunkohlenfeuerung	„	100 k	„	„	„
Holzfeuerung	„	150 k	„	„	„
Torffeuerung	„		„	„	„
Coaksfeuerung	„	50 k	„	„	„

zu normieren sein dürfte, sich an diese Regel zu halten, im Falle größeren oder kleineren Brennstoffverbrauchs jedoch den Kanalquerschnitt etwas größer oder kleiner zu machen.

Noch ist uns die Erörterung einer Frage vorbehalten, welche von der Praxis sehr verschieden beantwortet wird. Es betrifft dies die hinsichtlich der günstigsten Anzahl der Kanäle zu treffende Entscheidung. Zu diesem Zwecke nehmen wir an, es werde behufs Erwärmung des in Fig. 5 skizzierten Gefäßes nur ein — vielleicht am Boden des Gefäßes fortlaufender — Heizkanal angeordnet, und es möge mit dieser Anordnung die in Fig. 6 dargestellte verglichen werden,

welche bei gleichem Brennmaterialkonsum eine gleich große Heizfläche bietet und so getroffen ist, daß die Heizgase im Kanal 1 von vorn nach hinten, im Kanal 2 von hinten nach

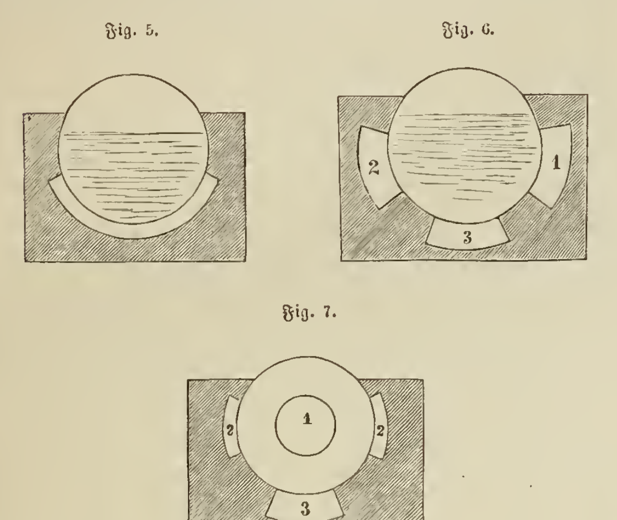


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

vorn und im Kanal 3 wieder von vorn nach hinten geführt werden. Dann ist leicht ersichtlich, daß die Anordnung Fig. 5 die rationellere ist, da sie bei gleicher Wirkung geringere Reibungswiderstände bietet, und da sie ferner die nur durch Strahlung ihre Wärme abgebenden Gasteilchen näher der Heizfläche vorüberführt. Der häufig gezogene Schluß, das System Fig. 6 sei besser, basiert auf der Thatsache, daß die Verbrennungsprodukte bei gleicher Geschwindigkeit längere Zeit mit der Heizfläche in Berührung bleiben, übersieht aber den Umstand, daß die in der Zeiteinheit berührte Heizfläche kleiner ist.

Wenn trotzdem in der Praxis die Anordnung Fig. 6 häufig vorgezogen wird, so liegt dies in verschiedenen anderen Vorteilen, z. B. Herstellung von Kanälen bestimmter Weite, Gewinnung von Stützpunkten für das zu erwärmende Gefäß u. s. w. begründet, manchmal allerdings auch im Mangel an Verständnis. Jedenfalls ist klar, daß eine ins Extrem getriebene Verlängerung der Züge insofern sehr bedenklich wirken kann, als sie bei Nichterhöhung des Wirkungsgrades eine erheblich stärkere Zugwirkung bedingt.

Daß die Widerstände in der Anlage ebenfalls erhöht werden, wenn statt eines Zuges deren zwei angeordnet werden, ist evident. Fig. 7 zeigt eine solche Anordnung. Die Gase passieren den Kanal 1 von vorn nach hinten, gleichzeitig die Kanäle 2 von hinten nach vorn, füglich Kanal 3 von vorn nach hinten.

Auf weitere Besprechung dieser Anordnungen, auf Abwägung ihrer Vorzüge, auf die Entscheidung der Frage, ob es vielleicht zweckmäßig wäre, die Reihenfolge der Kanäle in Fig. 7 anders zu wählen u. s. w., können wir erst bei Besprechung der verschiedenen Heizapparate selbst eingehen und beschränken unsere diesbezüglichen Mitteilungen vorläufig darauf, hervorzuheben, daß für den Fall einer Teilung eines Kanals die einzelnen Teilzüge bei gleichem Querschnitte notwendig gleich lang werden müssen, unter Voraussetzung ungleicher Längen aber in ihren Querabmessungen derart anzuordnen sind, daß die Summe der Widerstände in beiden gleich groß ist, da sonst erfahrungsmäßig die Heizgase denjenigen Weg wählen, auf den die kleinsten Widerstände sich ihnen entgegenstellen.

§ 9.

c. Der Schornstein.

Nachdem die Heizgase die Feuerzüge verlassen haben, gelangen sie in den häufig mehreren Apparaten gemeinsamen Fuchs f (vgl. Fig. 1, S. 6), d. i. den den Heizraum mit dem Schornsteine verbindenden Kanal, dessen Querschnitt durch einen vom Heizerstande regierbaren Schieber s nach Erfordern verengt werden kann.

Diesen Fuchs legt man, besonders wenn der Schornstein in einiger Entfernung von dem Heizraume liegt, möglichst tief, um einen Aufbau über dem Erdboden zu vermeiden; doch darf man sich, falls es sich als unthunlich herausstellt, den Ausgang des Kanalsystems in der gewünschten Tiefe anzulegen, durchaus nicht verleiten lassen, dem Fuchse Fall nach dem Schornsteine zu geben. Dies könnte, namentlich wenn der Fuchs die Heizgase verschiedener Apparate sammelt, insofern zu Verminderung des Zuges Veranlassung geben, als die kälteren Gase an der tiefsten Stelle sich ansammeln und den Schornsteinquerschnitt verengen würden. Man lasse daher den Fuchs — wenn angängig — nach dem Schornsteine hin ansteigen und vermittle überdies den Übergang aus dem Fuchse in den Schornstein durch eine stark ansteigende Kurve.

Den Abschluß der Esse nach unten pflegt man durch eine zur Ansammlung der Flugasche dienende Grube n (Fig. 1, S. 6) zu vermitteln, bringt sogar häufig derartige Aschenfänge an mehreren Stellen des Kanalsystems an.

Münden verschiedene Füchse in ein und denselben Schornstein, so teilt man diesen unten durch **Zungen**, welche so hoch aufzuführen sind, daß die Gase gezwungen werden, in vertikalem Sinne sich zu bewegen.

Jeder freitragende Schornstein ruht auf einem Sockel mit in der Regel quadratischem Grundrisse. In diesem Sockel befinden sich dann die das Befahren des Fuchses und des Schornsteines ermöglichenden Öffnungen, welche zweckmäßig so groß angelegt werden, daß ein erwachsener Mensch dieselben aufrecht zu passieren vermag.

Die Höhe der Öffnungen dürfte hiernach auf mindestens 1,75 m, die Breite auf ca. 0,75 m zu bemessen sein. Der Verschluß der Reinigungsöffnungen wird durch je zwei

ca. 0,13 m starke Wände, aus gewöhnlichem Backstein in Lehm vermauert bestehend, welche sich nach Erfordernis schnell abbrechen und wieder erneuern lassen, bewirkt (R in Fig. 1). Die beiden Wände schließen überdies eine die Abkühlung der Heizgase vermindernde Luftschicht ein. Es dürfte sich überhaupt empfehlen, zum mindesten den unteren Teil des Schornsteines mit Isolierschicht zu mauern (vgl. Tafel 15).

Was die Querschnittsform betrifft, so dürfte man zunächst sich veranlaßt fühlen, derjenigen den Vorzug einzuräumen, welcher die geringsten Reibungswiderstände entsprechen. Der günstigste Querschnitt ist dann der Kreis, darauf folgt das reguläre Achteck, während der Quadratquerschnitt der in dieser Beziehung am wenigsten zu empfehlende ist. Andere Querschnittsformen sind nicht üblich.

Weiter wird man aber bei Wahl des Querschnittes die Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung entgegenstellen, sowie die Herstellungskosten der Esse in Betracht zu ziehen haben, und gilt nach dieser Richtung hin der Quadratquerschnitt als der beste, da er es möglich macht, den Schornstein mittels gewöhnlicher Backsteine aufzuführen. Der Achteckquerschnitt bedingt schon — nämlich zu solider Herstellung der Kanten — die Beschaffung von Formsteinen, während ein runder Schornstein so viele verschiedene Façonsteine erfordert, als verschiedene Wandstärken zur Anwendung gelangen.

Die theoretischen Untersuchungen von Schönflies[1]) lehren allerdings überzeugend, daß es so sehr viel auf die Querschnittsform nicht ankommt, da die durch die Widerstände in der Anlage bedingte Schornsteinhöhe den bei weitem größten Teil der Gesamthöhe ausmacht. Die Ermittelung theoretischer Resultate mittels der Formeln von Schönflies ist umständlich. Wir geben daher nachstehend die von Grashof unter Voraussetzung mittlerer Verhältnisse erhaltenen Resultate. Es bedeutet hierbei:

- $\mathfrak{S}$ den Steinkohlenkonsum pro Stunde,
- T_1 die Temperatur, mit der die Gase in den Schornstein eintreten,
- T_2 die Temperatur, mit der die Gase aus dem Schornsteine entweichen,
- V die Ausflußgeschwindigkeit der Gase per Meter und Sekunde,
- Q den Mündungsquerschnitt der Esse,
- H die Höhe der Schornsteinmündung über der Horizontalebene des Rostes.

1) Berechnung der Dampfkesselanlagen. Elberfeld 1874.

1) Quadratische gemauerte Schornsteine.

$\mathfrak{S}$	Q	H	T_1	T_2	V
50	0,2	19,9	299	213	2,1
100	0,3	21,9	246	200	2,7
200	0,5	25,1	202	177	3,1
400	0,9	30,0	162	148	3,2
800	1,7	37,1	129	121	3,2

2) Runde Blechschornsteine.

$\mathfrak{S}$	Q	H	T_1	T_2	V
50	0,2	19,9	398	158	1,8
100	0,3	21,9	300	164	2,5
200	0,5	25,1	233	152	2,9
400	0,9	30,0	181	131	3,1

Für den Fall, daß mehreren Feuerungen eine gemeinschaftliche Esse gegeben werde, bedeutet $\mathfrak{S}$ die Steinkohlenmenge in Kilogrammen, welche stündlich auf allen Feuerherden zusammen verbrannt wird.

Die Berechnung der Tabelle geschah nach folgenden Formeln:

$$Q = 0{,}1 + 0{,}002\,\mathfrak{S}$$
$$H = 11 + \sqrt{40 + 0{,}8\,\mathfrak{S}},$$

ferner für gemauerte Essen

$$T_1 = \frac{300\,H}{\left(0{,}971 - \frac{0{,}3}{\sqrt{\mathfrak{S}}}\right) H - 8} - 273,$$

für Blechkamine

$$T_1 = \frac{300\,H}{\left(0{,}975 - \frac{0{,}9}{\sqrt{\mathfrak{S}}}\right) H - 8} - 273.$$

Hinsichtlich der Form des Längenprofiles frägt es sich, ob der prismatische, der nach oben verjüngte oder nach oben sich erweiternde Schornstein die beste Lösung des Zugerzeugungsproblemes bietet. Daß die letztgenannte Anordnung zu verwerfen ist, nicht allein der größern Reibungswiderstände wegen, sondern namentlich, weil dem Einfallen kalter Luft und dem Eintreten von Windstrahlen sehr Vorschub gethan wird, liegt auf der Hand; aus gleichen Gründen leuchtet ein, daß der Pyramidenstumpf mit kleinerer oberer Grundfläche die zweckmäßigste Form ist.

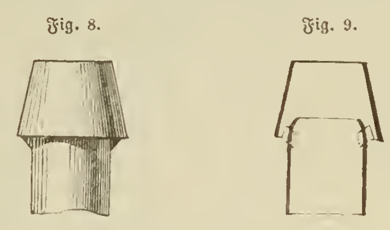
Auf Taf. 3 sind in den Figuren 1, 2, 4, 5 einige ausgeführte Schornsteine dargestellt. In Fig. 2 nimmt der Querschnitt nach oben hin ab; in Fig. 5 ist der Querschnitt konstant. Die verschiedenen Wandstärken verursachen in Fig. 2 nach der Innenseite gelegene Absätze, während

die Außenseite glatt bleibt. Den schädlichen Einfluß derartiger Absätze theoretisch zu untersuchen dürfte sehr schwer sein. In dem Werke von Weiß „Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen“ (welchem die gemauerten Schornsteine, Fig. 1 und 2, und der eiserne Schornstein, Fig. 3, entnommen sind) finden sich diesbezügliche Erörterungen, welche das Ergebnis liefern, daß bei geringem Brennmaterialkonsum die Absätze von ganz unmerklichem Nachteile sind, daß dieser schädliche Einfluß aber bedeutend wächst, sobald der Brennstoffverbrauch sich steigert. Die Praxis hat diesen Ausspruch jedoch nicht verifiziert; sie hat schon verschiedentlich bei großen Anlagen Schornsteine mit den besprochenen Absätzen ausgeführt und wesentliche Nachteile nicht entdeckt. Daß ein Schornstein unter übrigens gleichen Umständen besser ziehen wird, wenn er innen glatt ist, dürfte evident sein.

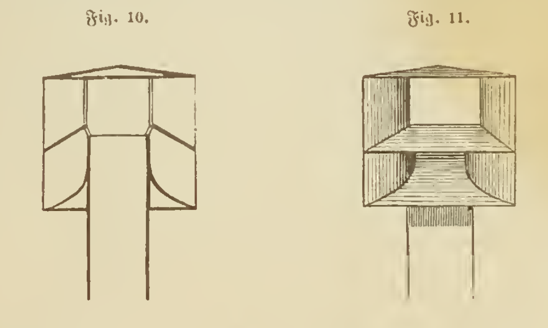
Die Schornsteine mit quadratischem Querschnitte erhalten in der Regel oben einen Aufsatz mit stark geneigten Seitenflächen, Taf. 3, Fig. 5. Es ist bei Herstellung desselben darauf zu sehen, daß die behauenen Seiten der Backsteine weder nach der Außen-, noch nach der Innenseite der Schornsteinwandung zu liegen kommen, da sie sonst schnell verwittern würden. Einen häufig angewandten Verband zeigt Taf. 3, Fig. 6.

Um den Schornstein architektonisch auszubilden, wird derselbe in der Regel als Säule aufgefaßt und demgemäß gegliedert. Der Kopf wird dann mit einem häufig weit ausladenden Gesims (Schornsteinkranz) geziert. Ist schon an und für sich diese Dekoration wenig gerechtfertigt, da sie dem Zwecke des Schornsteines nicht im geringsten entspricht, so erscheint sie um so weniger nachahmenswert, als sie nicht zu unterschätzende Nachteile im Gefolge hat. Der den Schornstein treffende Wind fließt nämlich teils nach unten, teils nach oben ab, verhält sich gleichsam wie ein auf eine ruhende Fläche treffender Wasserstrahl. Dies hat zur Folge, daß die nach oben gehenden Windstrahlen über der Mündung ein Vakuum zu erzeugen suchen und auf diese Weise den Zug erhöhen. Durch einen Schornsteinkranz wird nun diese den Zug der Esse begünstigende Wirkung des Windes nicht nur unmöglich gemacht, sondern es bilden sich über der Mündung Wirbel, welche das Eindringen des Windes in den Schornstein unausbleiblich machen. In richtiger Erkenntnis dieses Übelstandes hat man über dem Kopfgesims den Schornstein noch ca. 0,6 m prismatisch glatt weiter geführt, und ist es dadurch zwar gelungen, die schädliche Wirkung des Kranzes aufzuheben, jedoch nur unter Verzichtleistung auf die günstige Wirkung der Windstrahlen. Daß der Schornstein durch einen derartigen Aufbau außerdem entstellt wird und dem glatt hoch geführten ästhetisch nachsteht, bedarf kaum einer Erwähnung. Es erscheint deshalb dringend geboten, jenen ungerechtfertigten und schädlichen Schmuck fortzulassen, oder aber auf andere Weise die in seinem Gefolge auftretenden Übelstände aufzuheben. Es geschieht dies in der Regel durch Anbringen eines Schornsteinaufsatzes, welche Anordnung sich auch für Schornsteine ohne Kopfgesims empfiehlt, da sie sehr geeignet ist, den Unempfindlichkeitsgrad gegen meteorologische Einflüsse zu steigern.

Ein namentlich in Schlesien und Sachsen sehr häufig anzutreffender Schornsteinaufsatz ist der von Nöggerath erfundene, in Fig. 8 und 9 dargestellte.[1] Er besteht aus einem cylindrischen, oben derart eingezogenen Ansatzrohre, daß der Mündungsquerschnitt auf $^2/_3$ des Querschnittes der Esse reduziert wird, und hat dies den Zweck, die Ausflußgeschwindigkeit zu erhöhen. Auf dieses Rohr setzt sich ein Kegelmantel, dessen Mündung in der Höhe d über der Mündung des Ansatzrohres liegt, unter d den Durchmesser des letzteren verstanden. Die Ringfläche zwischen dem Schirm (dessen Seiten ca. 75° gegen den Horizont geneigt sind) und dem Ansatzrohre ist gleich dem Querschnitte des Rauchrohres; sie gestattet den an dem Rohre aufwärts gleitenden Windstrahlen unter den Schirm zu treten und den Zug zu fördern. Windstrahlen, welche weniger als 45° Neigung besitzen, können in den Schornstein nicht eintreten. — Der Aufsatz wird aus Metall oder Thon angefertigt.


Fig. 8. Fig. 9.

Vielfach in Gebrauch befindlich ist der Dorn'sche Schornsteinaufsatz, Fig. 10 und 11, im Jahre 1867 erfunden und zuerst auf dem neuen Rathause in Berlin aufgestellt. Er sitzt auf einem Ansatzrohre mit Quadratquer-


Fig. 10. Fig. 11.

1) Nuyschel, „Ueber Schornsteinaufsätze“, Deutsche Bauzeitung, Jahrgang 1870.

schnitt. Ein aus vier die Seiten des Ansatzrohres tangierenden Flächen bestehender Schirm trägt 4 diagonal angeordnete vertikale Wände, welche die unten horizontale, oben aber abgedachte Decke tragen. Zwischen diesen Scheidewänden sind vier mittlere Schirmwände unter 30° eingeschoben. Der Aufsatz bietet dem Nöggerath'schen gegenüber unter anderen den Vorzug, daß das Einfallen des Regens in den Schornstein annähernd unmöglich gemacht wird; er zwingt auch einen großen Teil der ihn treffenden Windstrahlen, zur Verstärkung des Zuges mitzuwirken.

Den Schornsteinaufsatz von Windhausen und Büsing, Deflektor genannt, zeigt Fig. 12 und 13. Der untere Schirm ist, wie vorhin das Rauchrohr (hier rund gedacht),

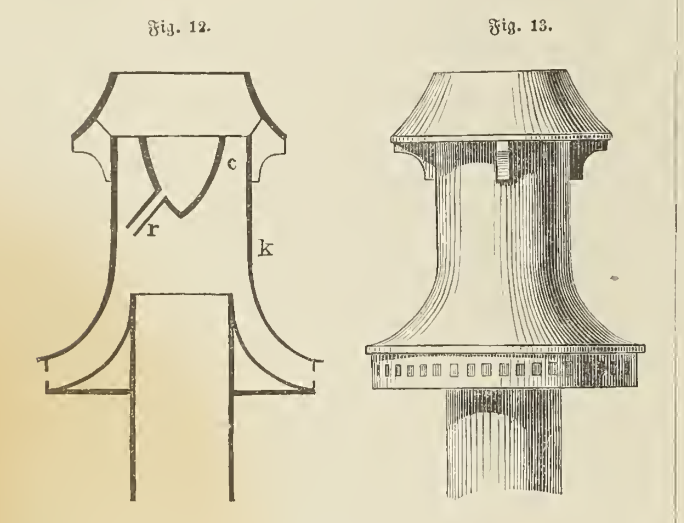
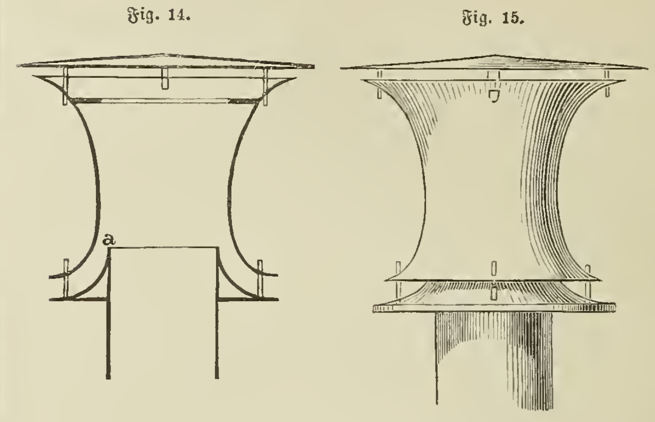


Fig. 12. Fig. 13.

tangierend angeordnet, darüber sitzt ein Umhüllungsmantel k, dessen untere Partie gleiche Krümmung besitzt, wie der untere Teil des Schirmes. An den Mantel k, und zwar mittels Laschen, ist ein nach oben offener hohler Kegel c mit konvexem Mantel gehängt, von dem ein kleines Rohr r zur Abführung des Regenwassers ausgeht. Die Wirkung des Apparates beruht wieder darauf, die den Aufsatz treffenden Windstrahlen zu veranlassen, eine Verstärkung des Zuges zu erzeugen, und ferner darauf, das Einfallen von Regentropfen und Windstrahlen in den Schornstein auf ein unschädliches Minimum zu reduzieren. Der Ringquerschnitt ist gleich dem doppelten Querschnitte des Rauchrohres. Der Apparat wird aus Kupfer, Zink oder Gußeisen hergestellt und ist in Norddeutschland sehr verbreitet.

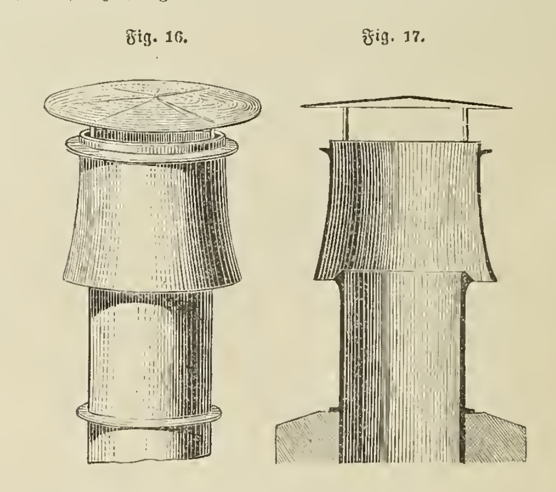
Ganz vorzüglich hat sich ferner der in Fig. 14 und 15 zur Anschauung gebrachte Wolpert'sche Rauch- und Luftsauger erwiesen. Die ältere, in Fig. 14 und 15 dargestellte Konstruktion hat mit den letztbeschriebenen Apparaten den an das Ansatzrohr sich anschmiegenden unteren Schirm gemein, über dem dann ein nach oben ausgeschweifter trichterförmiger Mantel sich befindet, der seinerseits eine in geringem Abstande über ihm befindliche Decke trägt. Der Ringquerschnitt a wird gleich dem Rauchrohrquerschnitte gemacht.

Fig. 14. Fig. 15.



Die neuere, bedeutend vereinfachte Konstruktion zeigen die Figuren 16 und 17. Das Prinzip ist dasselbe geblieben, nämlich, sowohl bei Sonnenschein wie bei jedem Winde in dem mittleren Teile, dem sogenannten Saugkessel, eine bedeutende Luftverdünnung zu erzeugen und den Rauch emporzusaugen.

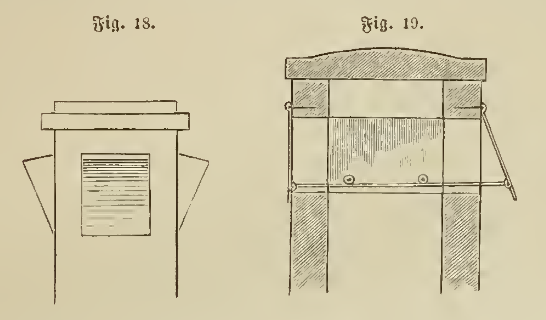
Fig. 16. Fig. 17.



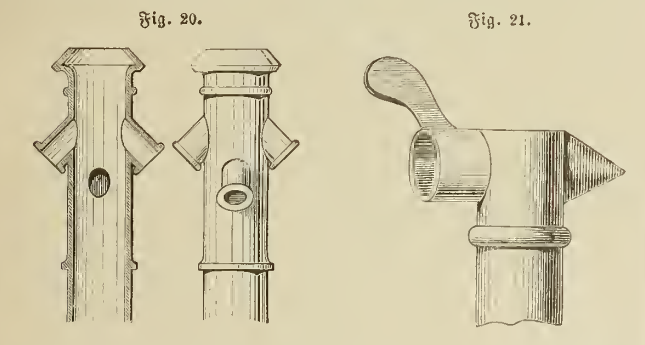
Bei kleineren Schornsteinen, z. B. bei den Rauchröhren in Wohngebäuden, findet man einfachere Vorrichtungen. So erzielt man schon ein ganz gutes Resultat, wenn man den Schornstein mit einer Kappe deckt, welche 4 seitliche Öffnungen hat, vor denen Klappen aus Zinkblech angebracht sind. Diese Klappen bilden mit der Vertikalen einen Winkel von $22^1/_2{}^0$ und werden in dieser Lage durch gekrümmte dünne Eisenstangen gehalten (Fig. 18).

Um dem Winde den Eintritt in den Schornstein unmöglich zu machen, kann man auch je zwei gegenüberstehende Zinkblechklappen wie in Fig. 19 durch je zwei dünne Eisenstangen verbinden. Bei Windströmungen werden dann die dem Winde zugekehrten Klappen geschlossen und die entgegengesetzten geöffnet sein.

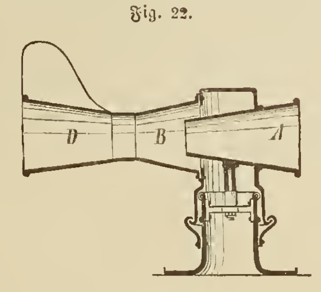
Sehr häufig stellt man auf der Schornsteinwandung Pfeiler von Mauersteinen auf, welche eine Deckplatte tragen, die dem Winde und Regen den Eintritt in den Schorn-


Fig. 18. Fig. 19.

stein erschwert. Zwischen den Pfeilerchen entstehen dann mehrere seitliche Öffnungen für den Abzug des Rauches. Fig. 20 stellt in Ansicht und Durchschnitt einen Schornstein von gebranntem Thon mit abwärts geneigten Rohransätzen dar, welche dem Rauche unter allen Umständen gestatten, an der der Windrichtung entgegengesetzt liegenden Seite abzuströmen, weil hier eine absaugende Wirkung der Luftströmung sich geltend macht.


Fig. 20. Fig. 21.

Ferner möge noch der drehbaren Aufsätze Erwähnung gethan werden (Fig. 21), welche den Zweck haben, die Ausflußöffnung nach der dem Winde abgewendeten Seite zu verlegen. Vorteilhafter als in Fig. 21 wird die lebendige Kraft des Windes durch den Körting'schen Saugkopf ausgenutzt (Fig. 22). Der ganze obere Teil des

Fig. 22.


Hutes mit dem darauf befestigten Flügel dreht sich um einen Zapfen des untern festen Teiles. Der Wind tritt in die Düse bei A, trifft die angesaugte Luftschicht bei B und strömt mit dieser durch die Verengung ins Freie. An der Mündung von D tritt nochmals eine Saugwirkung ein, hervorgerufen durch den an den Außenflächen des Saugkopfes hinströmenden Wind. Es leiden diese ganz gut wirkenden Apparate jedoch an dem Übelstande, daß sie zu funktionieren aufhören, sobald sie eingerostet und eingeraucht sind. Auch werden Zapfen und Lager sehr bald abgenutzt.

§ 10.
Ausführung der Schornsteine.

Bezüglich des Mauerverbandes verweisen wir auf den ersten, die „Konstruktionen in Stein" behandelnden Teil dieses Werkes und heben nur noch hervor, daß für den in der Regel vorliegenden Fall, wonach der Schornstein im Rohbau auszuführen ist, durchweg der Kreuzverband angewendet wird.

Die Wandstärken freistehender Schornsteine werden erfahrungsmäßig wie folgt gemacht:

An der Mündung wählt man eine Wandstärke = 12 cm ($\frac{1}{2}$ Stein), bei Schornsteinen von 2 m Durchmesser und darüber nicht unter 25 cm. Ferner vergrößert man bei Anwendung von Backsteinen die Wandstärke alle 6—10 m um 12 cm, bei Anwendung von Formsteinen alle 3—6 m um 6,5 cm. Wie groß die Höhe der Schornsteinetagen innerhalb der angeführten Grenzen zu wählen ist, wird von der Temperatur der Heizgase abhängen, so zwar, daß der Schornstein eine desto größere Wandstärke erfordert, je heißer die ihn passierenden Verbrennungsprodukte sind.[1])

Die Aufführung des Schornsteines kann entweder mit Hilfe eines Gerüstes oder aber von innen erfolgen. Hinsichtlich des Baues von Gerüsten verweisen wir auf Teil 2 dieses Werkes, „die Konstruktionen in Holz", und fügen nur noch hinzu, daß man dem Gerüst mit Rechteckgrundriß den Vorzug geben dürfte vor dem mit Quadratgrundriß. Im letzten Falle ist das Gerüst dicht um den Schornstein gebaut; die Materialien (Steine, Mörtel u. s. w.) werden außerhalb des Gerüstes hoch gewunden und ist diese Maßnahme mit Rücksicht auf die ungünstige Beanspruchung hoher Gerüste wenig empfehlenswert. Die erstgenannte Disposition ermöglicht, das Material im Innern des Gerüstes hoch zu bringen; sie ist dargestellt auf Taf. 4. Das bezügliche Gerüst, konstruiert von Herrn Zimmermeister Thür in Berlin, fand Anwendung beim Bau der Invalidensäule in Berlin. Über dem Raume A befand sich der nach Art der Laufkrahne auf Schienen sich bewegende Windebock und gestattete, die hoch gewundenen Säulenteile bequem an den Ort ihrer Bestimmung zu schaffen. Die letztere Einrichtung ist bei Gerüsten für Fabrikschornsteine nicht nötig.

1) Man vgl. § 11.

In der Neuzeit werden hohe Schornsteine der bedeutenden Kosten wegen, welche die Herstellung eines Gerüstes verursacht, in der Regel von innen aufgeführt, was allerdings nur angängig ist, wenn der Schornstein einen Durchmesser von mindestens 0,80—0,90 m erhält. Es werden dann zweckmäßig zwei übereinanderliegende Böden angebracht, jeder aus zwei und zwei über Kreuz gelegten Riegeln bestehend, welche mit Brettern derart überdeckt sind, daß in der Mitte eine die Beförderung des Baumateriales ermöglichende Aufzugsöffnung bleibt. Auf dem unteren starken Boden wird das Material aufgespeichert, auf dem oberen stehen ein, auch zwei Maurer. Die behufs Auflagerung der Riegel in der Schornsteinwand ausgesparten Löcher werden nachträglich zugemauert. Im Innern des Schornsteines werden ferner Steigeisen eingemauert, die späterhin das Befahren des Schornsteines ermöglichen.

Während des Baues ist das Innere der Esse zugänglich durch die Reinigungsöffnung. Ist diese nicht zweckmäßig gelegen, so bringt man in dem Sockel eine provisorische Öffnung von genügender Höhe an.

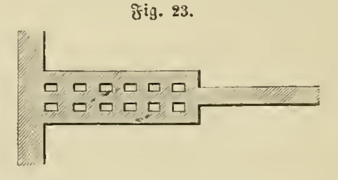
Vorstehenden, hauptsächlich die Fabrikschornsteine betreffenden Ausführungen schließen wir eine kurze Besprechung der Schornsteine in Gebäuden an. Diese sind bestimmt, die Verbrennungsprodukte aus Öfen, Kochfeuerungen u. s. w. abzuführen, und werden in der Regel mit dem Namen Rauchröhren belegt.

Die Rauchröhren unterscheidet man in enge und weite. Erstere müssen mindestens so groß sein, daß sie durch einen Schornsteinfeger bestiegen werden können, und heißen deshalb besteigbare Röhren. Die anderen, sogenannten russischen Röhren dürfen nur so weit sein, daß sie noch bequem mit einer Bürste gereinigt werden können, da das Ausbrennen nur an manchen Orten und selbst dort nur unter sehr erschwerenden Umständen gestattet ist. Die weiten Röhren mauert man 47 × 47 cm weit, und mindestens 47 × 39 cm.

Der Querschnitt der engen Röhren ist meistens ein Rechteck mit den Seiten 15 und 21 cm, er darf keine größere Abmessung erhalten als 21 cm, woraus sich der Maximalquerschnitt 21 × 21 cm ergiebt. Andererseits wird es sich empfehlen, nie unter 15 cm im Quadrat hinabzugehen. Runde Röhren kommen in Deutschland selten vor, sehr häufig dagegen in Frankreich, wo sie aus besonders geformten Steinen aufgeführt werden.

Welchen Röhren der Vorzug gebührt, den besteigbaren oder den russischen, läßt sich nur bedingungsweise entscheiden. Im allgemeinen ziehen die engen Röhren besser, doch haben sie sich als untauglich erwiesen für offene Herdfeuer. Daß es unstatthaft sei, in übereinander gelegenen Etagen befindliche Feuerungen in ein und dasselbe enge Rohr zu leiten, wird vielfach angenommen, ist aber durchaus nicht erwiesen. Dagegen muß man zur Vermeidung von Rauch die in einer Etage einmündenden Rohre in verschiedenen Höhen ausmünden lassen. Bei Küchenfeuerungen ist es erforderlich, jeder Küche ein eigenes Rohr zu geben, auch wenn sie in demselben Stockwerk nebeneinander liegen. Es ist dies namentlich in mehrstöckigen Häusern, in denen jede Etage zwei benachbart liegende Küchen aufweist, sehr mißlich; die Anzahl der Röhren wird hier dem Konstrukteur, dem in der Regel der Raum nur sehr knapp zugemessen ist, recht ungelegen. In Berlin finden sich vielfach Häuser, die in jeder der 5 Etagen zwei aneinanderstoßende Küchen erhalten sollen. Es müssen dann, wenn ein Rauchen vermieden werden soll, 2 . 5 = 10 Rauchröhren und 2 Dunströhren (für je 5 Küchen ein gemeinschaftliches) angelegt werden. Giebt man diesen Dunströhren die Abmessungen der Rauchröhren, so erhält man einen Schornsteinkasten (Fig. 23) (unter diesem Namen faßt man gewöhnlich ein solches Röhrensystem zusammen) von beiläufig

Fig. 23.



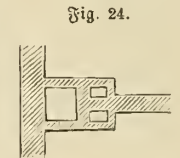
$$7 . 12 + 6 . 15 = 174 \text{ cm}$$

Länge und

$$3 . 12 + 2 . 15 = 66 \text{ cm}$$

Breite und ist genötigt, die Kochmaschine in den verschiedenen Stockwerken an einen anderen Ort zu setzen. Die in Fig. 24 dargestellte Ordnung eines weiten Rohres und eines (resp. zwei) Dunstrohres überhebt dieses Nachteiles, sie nimmt bei weitem nicht den Raum in Anspruch, wie jener Röhrenkasten. Daß jedoch die Anordnung in Fig. 23 eine bessere ist und dort, wo der Raum nicht beschränkt ist, den Vorzug verdient, ist evident.

Fig. 24.



Die Wandung eines Rauchrohres (eng oder weit) wird, wenn das Rohr einem Stubenofen oder einer Küchenfeuerung angehört, nicht stärker als 1/2 Stein (12 cm) gemacht. Für die Schornsteine von Backöfen, größeren Centralheizungen u. s. w. würde eine Stärke von mindestens 1 Stein anzuempfehlen sein. Ebenfalls wird eine Verstärkung der Wandung nötig, wenn ein enges Rohr einzeln in den Dachraum hineinreicht, also auf eine größere Höhe freisteht. Dann pflegt man 2 Wandungen bei 1/2 Stein Stärke zu belassen, die anderen aber 1 Stein stark zu mauern.

Auch für die in den Schornsteinkästen notwendigen, die einzelnen Röhren trennenden Zungen empfiehlt sich eine Stärke von 12 cm. Das Verfahren, die Zungen aus hochkant stehenden Steinen herzustellen (also nur 6,5 cm stark), ist entschieden zu tadeln. Es geschieht nämlich das Reinigen

enger Röhren durch wechselweises Hinablassen und Heraufziehen einer Bürste, an deren unterem Ende eine ca. 3 kg schwere Kugel befestigt ist, welche letztere durch Anschlagen an eine zu schwach gemauerte Zunge diese erheblich schädigen kann.

Jedes Rauchrohr muß von Grund aus fundiert sein und darf nie auf hölzernen Balken lagern, auch nie an Holzbalken sich anlehnen, sondern muß mindestens 10 cm von jedem Holzwerk entfernt bleiben. Aus diesem Grunde werden die auf ein Rauchrohr treffenden Etagenbalken in der bekannten Weise ausgewechselt.

Am untersten Ende jedes Rauchrohres, ferner über dem obersten Dachboden und bei mehr als zweimal veränderter Richtung auch in der Mitte, muß eine Reinigungsöffnung, verschließbar durch eine eiserne, eingefalzte Thür, angeordnet sein; vor dieser soll ein Pflaster sich befinden, welches 0,63 m breit ist und in der Länge auf jeder Seite 0,63 m über die Thürbreite hinausgeht; außerdem darf in der Nähe der Reinigungsthür kein Holzwerk sich befinden, wie denn auch keine Reinigungsthür unter einer hölzernen Treppe gelegen sein darf. Die Röhren führt man in der Regel bis in das Kellergeschoß hinab, um das lästige Reinigen von den Fluren der einzelnen Stockwerke oder gar von den Zimmern aus zu vermeiden. Es wird jedoch dann geraten sein, etwas unterhalb der Einmündung des Fuchses (selbstverständlich vorausgesetzt, daß nicht mehrere Füchse in verschiedenen Etagen in das Rohr führen) einen Schieber anzubringen, um das Rohr nach unten abschließen zu können. Den Schieber wird man von Zeit zu Zeit aufziehen, um die etwa angesammelte Flugasche hinabfallen zu lassen; sonst ist er nur während der Reinigung offen zu halten.

Vorhin schon haben wir bemerkt, daß es unter Umständen nicht ratsam ist, zwei übereinander gelegene Feuerungen in ein russisches Rohr zu führen, da ein zeitweises Rauchen in den Zimmern dann eintreten kann. Weniger bedenklich ist es, in derselben Etage befindlichen Heizapparaten ein gemeinsames Rohr zu geben; nur hat man darauf zu achten, daß, wenn nur ein Ofen geheizt wird, die anderen vollständig geschlossen sein müssen. Ferner dürfen die Mündungen der eisernen Röhren, welche den Rauch aus den Öfen in die Esse führen, einander nicht unmittelbar gegenüberstehen, da zuweilen der wärmere Rauch des einen, vielleicht lebhafter brennenden Ofens den Rauch der anderen Ofen verdrängt. Vielmehr sind die Mündungen in verschiedener Höhenlage anzuordnen und ist den Röhren nicht eine geneigte Lage, sondern eine nach der Esse hin ansteigende zu geben.

In der Dachetage pflegt man zwei oder mehrere nahe aneinander gelegene Schornsteine zu einem einzigen zu vereinigen, um den Dachverband und die Dachdeckung möglichst wenig zu stören. Es geschieht dies durch das sogenannte Ziehen und Schleifen der Schornsteine.

Soll beispielsweise der Schornstein a (Fig. 25) an den vertikal aufzuführenden Schornstein b geschleift werden, so geschieht dies in der in genannter Figur veranschaulichten Weise. Der kleinste Winkel, welchen die Tangente mit der Horizontalen bildet, darf in der Regel nicht unter 60° betragen, da sonst der Zug infolge der Schleifung nicht unbeträchtlich verschlechtert wird. Zur Ausführung der Wölbung ist die Aufstellung eines förmlichen Lehrgerüstes, aus 2 Lehrbögen bestehend, erforderlich. Das Gewölbe wird nicht stärker gemacht als die Schornsteinwandung, ist also in den meisten Fällen nur 12 cm stark.

Fig. 26 zeigt das Aneinanderschleifen zweier Schornsteine, welche beide, vertikal aufgeführt, im First aus dem Dache treten. Das Gewölbe erhält hier in der Regel die Form des Spitzbogens. Werden zwei Schornsteinkästen in dieser Weise aneinandergeschleift und enthält der eine ein Rohr weniger als der andere, so muß ein sogenanntes blindes Rauchrohr eingeschaltet werden.

In der Regel sucht man es zu vermeiden, Schornsteine in größerem Abstande vom First durch das Dach zu führen, da dies bekanntlich die Konstruktion einer Kehle zwischen dem Schornstein und dem First nötig macht. Soll

Fig. 25.

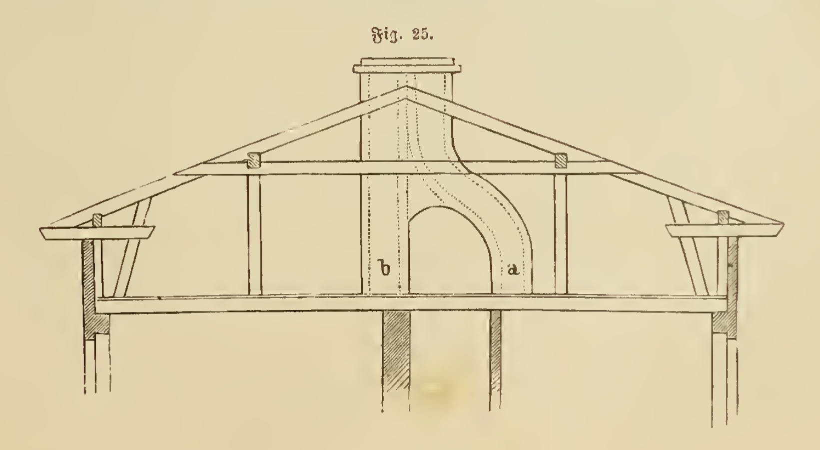
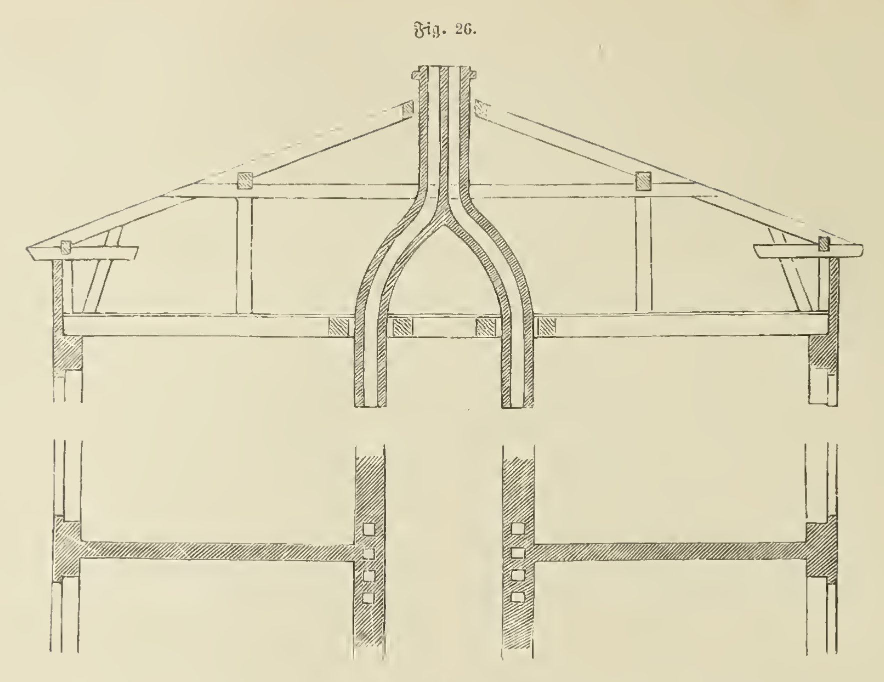


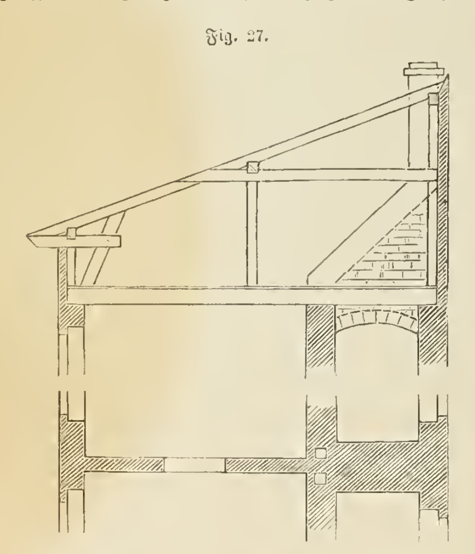
Fig. 26.



ein einzelner Schornstein nach dem First hin geschleift werden, so geschieht dies am zweckmäßigsten auf einer abgeschrägten Wand, wie Fig. 27 darstellt.

Das Ineinanderschleifen der Schornsteine, d. h. das Weglassen der Zungen nach vollzogenem Ziehen, ist auf

Fig. 27.



keinen Fall zuzulassen, da das Rauchen in den Zimmern sonst schlechterdings unvermeidlich ist.

Wie hoch der Schornstein über das Dach hinauszuführen ist, richtet sich ganz nach der Höhe der umgebenden Gebäude. Wenn möglich, soll der Schornstein von keinem dieser Gebäude überragt werden. Bei völlig freistehenden Häusern führt man den am First das Dach durchdringenden Schornstein mindestens 0,25 m über dieses hinaus; bei anderen seitlich vom Dachfirst mündenden erhöhe man dieses Maß auf 0,30—0,60 m, und zwar nähere man sich dem letzten Werte desto mehr, je größer der Abstand des Schornsteines vom Dachfirst ist.

Überragt die Esse den First um mehr als 0,95 m, so empfiehlt es sich, sie an der Mündung mit einer leicht zu handhabenden Schließungsvorrichtung zur Sicherung für den Fall eines Schornsteinbrandes zu versehen.

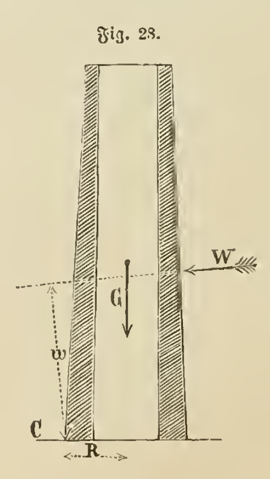
§ 11.

Stabilität freistehender Schornsteine.

1) Bedingungen der Stabilität.

Die Untersuchungen über die Stabilität hoher Schornsteine, die namentlich durch den Winddruck sehr gefährdet

Fig. 28.



ist, werden in der Regel von ganz falschem Gesichtspunkte aus durchgeführt. Es wird der Winddruck W, sowie dessen

Angriffspunkt ermittelt und das zur Sicherung der Stabilität erforderliche Gewicht 𝔊 aus der auf den Drehpunkt C (Fig. 28) bezogenen Momentengleichung

$$\mathfrak{G} R = \mathfrak{W} w$$

bestimmt, in welcher

R den Hebelarm von 𝔊
und w den Hebelarm von 𝔚

bedeutet.

Das theoretische

$$\mathfrak{G} = \frac{\mathfrak{W} w}{R}$$

wird dann allenfalls noch durch ein

$$\mathfrak{G} = c \frac{\mathfrak{W} w}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

ersetzt, wo c einen Sicherheitskoeffizienten, den man Stabilitätskoeffizienten zu nennen pflegt, darstellt.

Daß eine derartige Betrachtung sich nicht verteidigen läßt, leuchtet ein. Zunächst fehlt der geeignete Anhalt für die Beurteilung des Wertes c, da eine Ermittelung desselben aus Vergleichen mit der Praxis insofern wenig rationell ist, als ausgeführte Konstruktionen nicht immer gleichzeitig zweckmäßige sein müssen. Weiter bietet die Berechnung der Schornsteindimensionen nach Formel I keine Garantie gegen eine etwaige Überlastung des Materiales. Sie zieht nur die sogenannte Standsicherheit in Betracht, nicht aber die Festigkeit des Materiales und die Sicherheit gegen Gleiten auf der Lagerfuge.

Jeder mit den Lehren der Baumechanik Vertraute wird wissen, daß man in analoger Weise früher die Futtermauern zu berechnen pflegte, daß man aber in neuerer Zeit wesentlich andere Bedingungen für deren Stabilität aufstellt.

Der Verfasser hält sich deshalb um so mehr berechtigt, eine rationellere Berechnung in ausführlicherer Weise zur Darstellung zu bringen.

Die an jede Steinkonstruktion mit Fug und Recht zu stellende Forderung ist:

daß in keinem Teile derselben eine übermäßige Zugspannung, vielmehr nur eine so geringe Zugspannnung auftritt, daß eine Gefährdung der Konstruktion nicht zu gewärtigen ist.

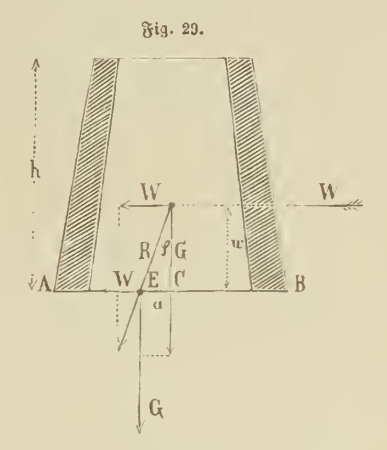
Diese größte zulässige Zugspannung dürfte hierbei auf 1 kg pro Quadratcentimeter bemessen werden dürfen, doch wird es ratsam sein, selbst von dieser, eine Verringerung des Querschnittes gestattenden Annahme abzusehen, wenn es sich um die Berechnung von hohen Schornsteinen handelt, da das Mauerwerk nicht allein unter dem Einflusse der Witterung, sondern auch durch die Hitze leidet.

Der Gang der Untersuchung ist folgender:

Es sei Fig. 29 A B ein Querschnitt im Abstande η von der Mündung, G sei das Gewicht des Schornsteinsegmentes, 𝔚 der Winddruck auf dieses, nach Lage und Größe gegeben und horizontal wirkend vorausgesetzt. Weiter sei R die Resultante aus 𝔚 und G, sie schneide A B in E und bilde mit der Normalen zu A B den Winkel φ.

Die Horizontalkomponente von R, welche gleich 𝔚 ist, wird ein Gleiten auf der Lagerfuge erstreben und wird,

Fig. 29.



wenn von der Festigkeit des Mörtels abgesehen wird, kleiner als der Reibungswiderstand sein müssen. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn

$$\varphi < \varrho$$

ist, wo ϱ den Reibungswinkel bedeutet, welcher $= 33^0$ anzunehmen ist.

Die Stabilität gegen Gleiten erfordert daher, daß

$$\mathfrak{W} \overline{<} G \operatorname{tg} 33^0$$

d. i.

$$\mathfrak{W} \overline{\overline{<}} 0{,}65\, G$$

ist.[1])

Die Vertikalkomponente von R, d. i. die in E angreifende Kraft 𝔊, beansprucht den Querschnitt A B auf excentrischen Druck.

Nennt man

a den Abstand des Punktes E von dem Schwerpunkte C des Querschnittes,

so entsteht das Biegungsmoment

$$M = G a,$$

welchem in den Fasern B und A die Spannungen

$$\mathfrak{S}_1 = \pm \frac{\mathfrak{G} a}{W}$$

entsprechen, unter

W das Widerstandsmoment (den Querschnittsmodul) des Schornsteinquerschnittes verstanden.

1) Diese Bedingung ist stets erfüllt; man hat deshalb nicht nötig, die bezügliche Gleichung zu untersuchen.

Dem Drucke G entspricht die Normalspannung

$$\mathfrak{S}_2 = -\frac{G}{F}$$

wo F der Inhalt des Querschnittes ist.

Die Gesamtspannung wird

$$\mathfrak{S} = -\frac{G}{F}\left[1 \pm \frac{a\,F}{W}\right]$$

und zwar bedeutet ein *negatives* Resultat eine *Druckspannung*, ein *positives* eine Zugspannung.

Den Schornstein erklären wir als stabil und gleichzeitig als rationell dimensioniert[1]), wenn

1) die Druckspannung

$$\mathfrak{S} = -\frac{G}{F}\left(1 + \frac{a\,F}{W}\right)$$

gerade den als höchst zulässig erachteten Wert annimmt und dürfte dieser auf

7 kg pro qcm

zu bemessen sein,

2) wenn die Zugspannung gleich oder kleiner als Null ist.

Der aus Bedingung 2 sich ergebende Grenzwert a folgt aus der Gleichung

$$1 = \frac{a\,F}{W}$$

und möge mit e bezeichnet werden. Es ist dann

$$e = \frac{W}{F}.$$

Den geometrischen Ort der Punkte, welche im Abstande e von C liegen, nennen wir die *Kernfläche*, den von dieser und den Endquerschnitten des Schornsteines eingeschlossenen Raum den *Kern*; weiter bezeichnen wir den geometrischen Ort der Punkte C mit dem Namen *Stützlinie* und sprechen nun die Bedingungen 2 wie folgt aus:

Soll in der Schornsteinwandung keine Zugspannung auftreten, so müssen sämtliche Punkte der Stützlinie innerhalb des Kernes liegen.

Für die Spannung $\mathfrak{S}$ erhalten wir unter Berücksichtigung des Wertes e folgenden Ausdruck:

$$\mathfrak{S} = -\frac{\mathfrak{G}}{F}\left(1 \pm \frac{a}{e}\right)$$

und zwar sind für W, F und e folgende aus der Festigkeitslehre bekannte Ausdrücke einzuführen:

a) für den Schornstein mit *Kreisquerschnitt* Fig. 30:

R = großer Radius
r = kleiner Radius

1) Wir fassen hierbei selbstverständlich nur die Festigkeit ins Auge, sehen also von den an die Esse als guten Zugerzeuger zu stellenden Forderungen ab.

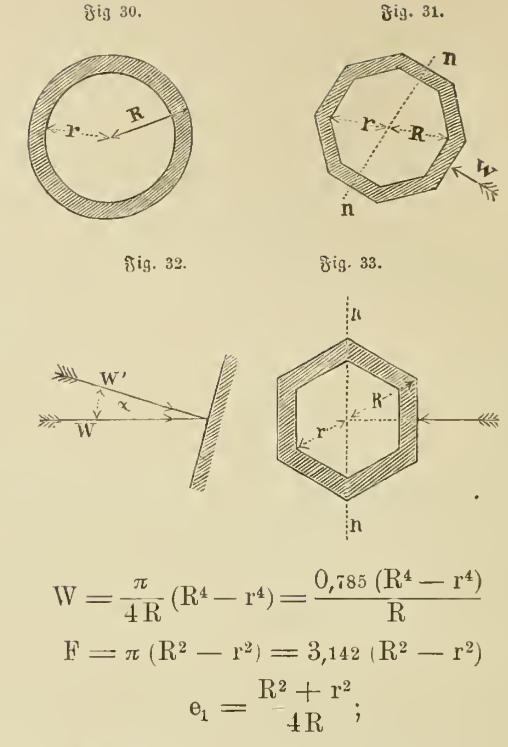


Fig. 30. Fig. 31. Fig. 32. Fig. 33.

$$W = \frac{\pi}{4\,R}\,(R^4 - r^4) = \frac{0{,}785\,(R^4 - r^4)}{R}$$

$$F = \pi\,(R^2 - r^2) = 3{,}142\,(R^2 - r^2)$$

$$e_1 = \frac{R^2 + r^2}{4\,R};$$

b) für den Schornstein mit *Achteckquerschnitt* Fig. 31:

R, r die Radien der bezüglichen umschriebenen Kreise:

$$W = \frac{0{,}690}{R}\,(R^4 - r^4)$$

$$F = 2{,}828\,(R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4{,}10\,R} = \frac{0{,}244}{R}\,(R^2 + r^2);$$

(in Fig. 31 deutet der Pfeil an, daß der Winddruck normal zur Seite cd anzunehmen ist);

c) für den Schornstein mit *Sechseckquerschnitt* Fig. 33:

$$W = \frac{0{,}625}{R}\,(R^4 - r^4)$$

$$F = 2{,}598\,(R^2 - r^2)$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{4{,}16\,R} = \frac{0{,}240}{R}\,(R^2 + r^2);$$

d) für den Schornstein mit *Quadratquerschnitt*

R = äußere Quadratseite
r = innere Quadratseite

Fig. 33a.

$$W = \frac{1}{6R}\,(R^4 - r^4)$$

$$F = R^2 - r^2$$

$$e = \frac{R^2 + r^2}{6R}.$$

Die Strecke a findet man, wenn der Abstand w des Winddruckes von C gegeben ist, aus der Proportion:

$$a : w = \mathfrak{W} : \mathfrak{G},$$

woraus

$$a = \frac{\mathfrak{W}\,w}{\mathfrak{G}},$$

so daß die Spannung:

$$\mathfrak{S} = -\frac{\mathfrak{G}}{F}\left[1 \pm \frac{\mathfrak{W}\,w}{\mathfrak{G}\,e}\right] \quad . \quad . \quad . \quad (x)$$

wird. Mit Hilfe dieser Formel läßt sich die Aufgabe lösen, sobald der Winddruck $\mathfrak{W}$ und dessen Hebelarm w in Bezug auf den Querschnitt A B gegeben ist.

2) Bestimmung des Winddruckes.

Wie die Aerodynamik lehrt, ist der Druck, welchen der Wind auf eine ruhende, zu seiner Bewegungsrichtung normale Fläche ausübt:

$$\mathfrak{W}' = c\,\gamma\,\frac{F v^2}{2g},$$

unter:

F den Inhalt der Fläche in Quadratmetern,
γ das Gewicht pro cbm Luft (= 1,292 kg bei 13° Celsius und 1 Atmosphäre Spannung),
g die Beschleunigung der Schwere (= 9,81 m),
c einen Erfahrungskoeffizienten, der bei kleinen Flächen 1,86 m ist,
v die Geschwindigkeit des Windes in Metern pro Sekunde

verstanden. Der Ausdruck geht nach Einführung der für γ, g und c angegebenen Werte über in

$$\mathfrak{W}' = 0{,}12\ F v^2,$$

wonach für verschiedene beobachtete Geschwindigkeiten sich folgende Drucke pro qm ergeben.

	v	$\mathfrak{W}'$ pro qm
		Kilogr.
Lebhafter Wind	5	3
Sehr lebhafter Wind	10	12
Starker „	15	27
Sehr starker „	20	48
Leichter Sturm	25	75
Starker „	30	108
Orkan	40	192
Stärkst bekannter Orkan	48	278

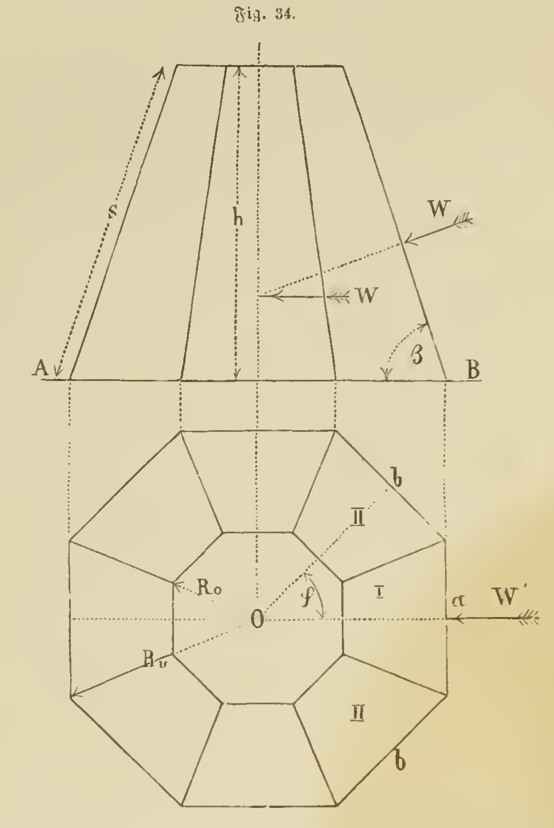
Welcher dieser Werte der Berechnung der Schornsteinabmessungen zu Grunde zu legen ist, hängt von der Oertlichkeit ab. Geraten dürfte es sein, den Druck pro qm auf mindestens 200 kg festzusetzen, ihn jedoch bei sehr dem Winde preisgegebenen Anlagen auf 300 zu erhöhen. In die folgenden Untersuchungen möge der erstgenannte Wert eingeführt und demnach

$$W' = 200\ F$$

geschrieben werden. Der zweiten Annahme entsprechende Resultate erhält man, indem man die nachstehend für $\mathfrak{W}$ w entwickelten und in Formel (x) einzusetzenden Ausdrücke mit 1,5 multipliziert.

Aus der Aerodyamik ist ferner bekannt, daß der auf

Fig. 34.



eine ruhende Fläche, deren Normale mit der Windrichtung den Winkel α (Fig. 32) einschließt, sich äußernde, in der Richtung normal zur Fläche gemessene Winddruck — und zwar unter Einführung des oben angegebenen spezifischen Druckes —

$$\mathfrak{W}' = 200\ F \cos^2 \alpha$$

ist (da die Geschwindigkeit normal zur Fläche = v cos α), woraus sich der horizontal wirkende Winddruck

$$\mathfrak{W} = 200\ F \cos^3 \alpha$$

ergiebt.

Mit Hilfe dieser Angaben läßt sich nun das Produkt $\mathfrak{W}$ w leicht bestimmen. Wir betrachten zunächst:

a) den Schornstein mit Achteckquerschnitt.

Der Mantel des Schornsteins ist in Fig 34 im Grundriß und Aufriß dargestellt. Der Neigungswinkel der Seitenfläche gegen den Horizont sei β; dann ist der Winkel α zwischen der Windrichtung und der Normalen auf die Fläche I gleich R—β, und der horizontale Winddruck auf Fläche I:

$$\mathfrak{W}^{I} = 200\ F \cos^3 (R - \beta)$$
$$= 200\ F \sin^3 \beta.$$

Die Normale zur Fläche II bildet mit der Windrichtung einen Winkel γ, der sich durch den Winkel β und den Winkel φ, welchen die im Grundriß vom Mittelpunkte o auf die Kanten a und b gefällten Lothe miteinander einschließen, ausdrücken läßt, und zwar lautet die bezügliche Relation:

$$\cos \gamma = \sin \beta \cos \varphi.$$

Es wird hiernach der Winddruck auf Fläche II

$$\mathfrak{W}_{II} = 200 \text{ F} \sin^3 \beta \cos^3 \varphi$$

und wegen

$$\varphi = 45^0; \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\mathfrak{W}_{II} = 71 \text{ F} \sin^3 \beta.$$

Der gesamte auf den Pyramidenstumpf-Mantel sich äußernde horizontale Winddruck ist also:

$$\mathfrak{W} = 200 \text{ F} \sin^3 \beta + 2 \,.\, 71 \text{ F} \sin^3 \beta$$

$$\mathfrak{W} = 342 \text{ F} \sin^3 \beta.$$

Ist nun

R_o der umschriebene Radius des oberen Achtecks,

R_u „ „ „ „ unteren „

so sind die entsprechenden Achteckseiten

$0{,}7654 \; R_o$ resp. $0{,}7654 \; R_u$.

Wird dann weiter mit

s die Höhe des Trapezes I bezw. II

bezeichnet, dann ergiebt sich

$$\text{F} = \frac{s}{2} \cdot 0{,}7654 \, (R_o + R_u)$$

$$= 0{,}3827 \, s \, (R_o + R_u),$$

weshalb

$$\mathfrak{W} = 131 \, s \, (R_o + R_u) \sin^3 \beta.$$

Der auf jede der Seitenflächen wirkende, normal zu diesen gerichtete Winddruck $\mathfrak{W}'$ greift im Schwerpunkt der bezüglichen Fläche an und wird hiernach der gemeinschaftliche Angriffspunkt aller dieser Kräfte $\mathfrak{W}'$ als der Schnittpunkt der nun nach Lage bestimmten $\mathfrak{W}'$ mit der Achse der Pyramide gefunden. Dieser Angriffspunkt kann aber als mit dem Schwerpunkte eines durch die Achse gelegten Längenprofils zusammenfallend angenommen werden, so daß sich für seinen Abstand w von der Grundfläche der Ausdruck

$$w = \frac{h}{2} \; \frac{2 \, R_o + R_u}{R_o + R_u}$$

ergiebt. Dann wird das gesuchte Moment des Winddruckes bezogen auf den Schwerpunkt der Grundfläche

$$\mathfrak{W} \, w = \frac{131}{3} \, sh \, (2 \, R_o + R_u) \sin^3 \beta$$

und, wenn

$$\sin \beta = \frac{h}{s}$$

gesetzt wird,

$$\mathfrak{W} \, w = \frac{131 \, h^4 \, (2 \, R_o + R_u)}{3 \, s \, 2}.$$

Nun kann man sich leicht durch Rechnung die Überzeugung verschaffen, daß bei den für Schornsteine üblichen Verjüngungsverhältnissen

$$s = h$$

gesetzt werden kann, so daß obiger Ausdruck durch

$$\mathfrak{W} \, w = 44 \, h^2 \, (2 \, R_o + R_u)$$

ersetzt werden darf.

b) Der Schornstein mit Sechseckquerschnitt.

Wir führen hier sofort die vereinfachende Annahme ein, bei Ermittelung des Wertes $\mathfrak{W}$ die Pyramide durch

Fig. 35.

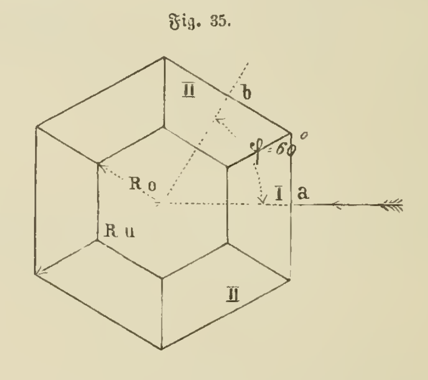
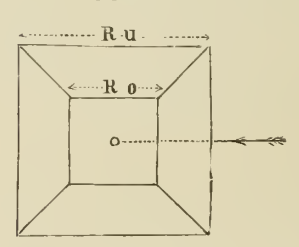


Fig. 36.



ein Prisma zu ersetzen, dessen Querschnitt der umschriebene Radius

$$R_1 = \frac{R_o + R_u}{2}$$

entspricht.

Der Winddruck auf die Seitenfläche I ist

$$\mathfrak{W}_I = 200 \text{ F},$$

der auf Seitenfläche II:

$$\mathfrak{W}_{II} = 200 \text{ F} \cos^3 60^0 = 200 \text{ F} \left(\frac{1}{2}\right)^3$$

$$\mathfrak{W}_{II} = 25 \text{ F}$$

mithin der gesamte horizontale Winddruck:

$$\mathfrak{W} = 250 \text{ F},$$

worin

$$\text{F} = R_1 h = \frac{h}{2} (R_o + R_u).$$

Da ferner

$$w = \frac{h}{3} \; \frac{2 \, R_o + R_u}{R_o + R_u},$$

so folgt:

$$\mathfrak{W} \, w = 42 \, h^2 \, (2 \, R_o + R_u).$$

c) Der Schornstein mit Quadratquerschnitt

$$\mathfrak{W} = 200\, F = 200\, R_1 h$$

$$w = \frac{h}{3} \cdot \frac{2\, R_o + R_u}{2\, R_1}$$

$$\mathfrak{W}\, w = 33\, h^2\, (2\, R_o + R_u).$$

d) Der Schornstein mit Kreisquerschnitt.

Für das dem Winkel φ (Grundriß Figur 37) entsprechende Element ist:

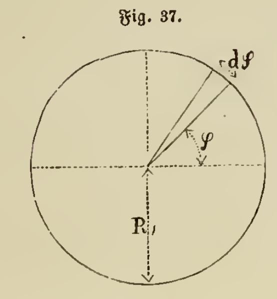
$$d\, \mathfrak{W} = 200 \cos^3 \varphi\, d\, F,$$

worin

$$d\, F = h\, R_1\, d\, \varphi.$$

Demnach wird

Fig. 37.



$$\mathfrak{W} = 2 \int_0^{\pi_2} d\, \mathfrak{W} = 400\, h\, R_1 \int_0^{\pi_2} \cos^3 \varphi\, d\, \varphi$$

$$= 400\, h\, R_1 \int_0^{\pi} (1 - \sin^2 \alpha)\, d\, (\sin \alpha)$$

$$= 400\, h\, R_1 \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} \left(\sin \alpha - \frac{\sin^3 \alpha}{3} \right)$$

$$= 400\, h\, R_1 \cdot \frac{2}{3}.$$

Ferner ist:

$$w = \frac{h}{3} \frac{2\, R_o + R_1}{2\, R_1}$$

mithin:

$$\mathfrak{W}\, w = 400\, h^2\, (2\, R_o + R_1)\, \frac{1}{9}$$

$$\mathfrak{W}\, w = 45\, h^2\, (2\, R_o + R_1).$$

Es erübrigt noch, den Gang der Rechnung durch ein Beispiel zu erläutern, und wählen wir hierzu die Untersuchung der Stabilität des in Fig. 38 dargestellten Schornsteines, der einen kreisförmigen Querschnitt habe.

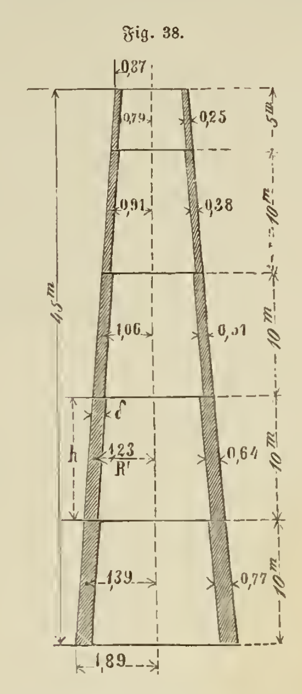
Die Gewichte der einzelnen in der Wandung gleichstarken Absätze berechnen wir nach dem für Rotationskörper geltenden Gesetze.

Nennen wir
h die Höhe des Segmentes,
F = δ h den Inhalt der rotierenden Fläche,
R' den Abstand des Schwerpunktes dieser Fläche von der Achse des Schornsteines, so ist

$$G = \gamma\, .\, 2\, \pi\, R'\, .\, \delta\, h,$$

wo γ das Gewicht pro Kubikeinheit des Mauerwerks.

Fig. 38.



Wird $\gamma = 1600$ kg pro Kubikmeter angenommen, so ist

$$G = 1600\, .\, 2\, .\, \pi\, R'\, \delta\, h = 10\,060\, \delta\, h\, R'.$$

Hiernach ergeben sich folgende Gewichte:

$$G_I = 10\,060\, .\, 0{,}25\, .\, 5{,}0\, .\, 0{,}79 = 9\,934$$
$$G_{II} = 10\,060\, .\, 0{,}38\, .\, 10{,}0\, .\, 0{,}91 = 34\,787$$
$$G_{III} = 10\,060\, .\, 0{,}51\, .\, 10{,}0\, .\, 1{,}06 = 54\,384$$
$$G_{IV} = 10\,060\, .\, 0{,}64\, .\, 10{,}0\, .\, 1{,}23 = 79\,192$$
$$G_V = 10\,060\, .\, 0{,}77\, .\, 10{,}0\, .\, 1{,}39 = 107\,672$$
$$\Sigma\, G = 285\,969.$$

Dem untersten Querschnitte entspricht der Kernabstand

$$e = \frac{1{,}89^2 + 1{,}12^2}{4\, .\, 1{,}89} = 0{,}64.$$

Das Produkt $\mathfrak{W}$ w (bezogen auf den gesamten Schornstein) ist

$$\mathfrak{W}\, w = 45\, .\, 45^2\, (2\, .\, 0{,}87 + 1{,}89) = 330\,783{,}75 \text{ km}$$

während das Produkt G e sich nur

$$G\, e = 285\,969\, .\, 0{,}64 = 183\,020{,}16 \text{ km},$$

herausstellt.

Die Spannungen im untersten Querschnitte sind wegen

$$F = \pi\, (189^2 - 112^2) = 72\,813 \text{ qcm}$$

$$\mathfrak{S} = -\frac{285\,969}{72\,813}\left[1 \pm \frac{330\,784}{183\,020}\right] =$$

$$\mathfrak{S} = -3{,}93\,[1 \pm 1{,}8]$$

$$\mathfrak{S} = -11 \text{ kg pro qcm (Druckspannung)}$$

$$+3 \text{ kg pro qcm (Zugspannung).}$$

Die Druckspannung $\mathfrak{S} = -11$ wäre bei gutem Materiale allenfalls zulässig, die Zugspannung 3 aber unter keinen Umständen.

Hätte man die Eingangs dieses Paragraphen getadelte Methode der Stabilitätsbestimmung angewendet, so hätte, da

$$GR = 285\,969 \,.\, 1{,}89 = 540\,481 \text{ km}$$

ist, sich ein Stabilitätskoeffizient

$$e = \frac{540\,481}{330\,784} = \frac{54}{33} = 1{,}64$$

ergeben und hätte hiernach der Schornstein für stabil erklärt werden müssen.

Drittes Kapitel.

Transmission der Wärme durch feste Wände.

§ 12.

Vorbemerkungen.

Wenn zwei elastische oder tropfbare Flüssigkeiten von verschiedener Temperatur durch eine feste Wand von gleicher Dicke getrennt sind, so geht in einer bemessenen Zeit eine bestimmte Wärmemenge von der wärmeren zur kälteren Flüssigkeit über. Die Größe des Wärmeüberganges ist einerseits abhängig von dem Material, der Form und Lage und den Abmessungen der Wand, andererseits von der Art der sie berührenden Flüssigkeiten, deren Temperaturen und den Bewegungen, welche dieselben längs der Wand hin haben können.

Mit Bezug auf letztern Umstand können wir als häufig vorkommend unterscheiden:

a) Den Wärmeübergang ohne Strom, wenn beide Flüssigkeiten stagnieren, d. h. keine Bewegung längs der Wand haben, als etwa die durch Ungleichheit der Temperatur hervorgerufene. Dieser Fall liegt vor bei jedem geschlossenen Raume, in dem die Luft wärmer ist als außen; ein Teil der Wärme geht fortwährend durch die umschließenden Wände verloren.

b) Der Wärmeübergang mit einfachem Strome kommt bei Dampfkesseln vor, wo eine Seite der Kesselwandung durch das Wasser berührt wird, während die heißen Feuergase die äußere Seite der Kesselwand bestreichen.

c) Wärmeübergang mit Parallelstrom ist u. a. vorhanden, wenn ein Ventilationskamin durch einen darin central aufgestellten und von Heizgasen durchströmten eisernen Schornstein erwärmt wird; dadurch soll eine aufwärts und parallel gerichtete Bewegung der Ventilationsluft hervorgerufen werden.

d) Der Wärmeübergang mit Gegenstrom wird dargestellt durch Fig. 39.

Um zu einem analytischen Ausdruck zu gelangen für den Zustand einer ruhig stehenden Flüssigkeit in Berührung

Fig. 39.

mit einer Wand, wird man die Temperatur an allen Punkten derselben als gleich ansehen dürfen. Außerdem läßt sich annehmen, daß der stagnierenden Flüssigkeit durch eine geeignete Wärmequelle unaufhörlich so viel Wärme zugeführt wird, als sie selbst an die Wand abgiebt, und daß daher die betreffende Flüssigkeit nicht nur in allen Teilen gleich, sondern auch in Bezug auf die Zeitdauer konstant sei.

Beharrungszustand. Betrachten wir nun eine homogene Wand von gleicher Dicke, welche einen geschlossenen Wohnraum von der äußern atmospärischen Luft trennt, und soll dieser Raum auf einer gegebenen konstanten Temperatur T erhalten werden; ist auch die Temperatur t der Außenluft überall gleich und konstant und $T > t$, so wird die innere Fläche F_1 der Wand (die wir als eben voraussetzen) mit der Luft von der Temperatur T in Berührung kommen. Hierdurch werden deren Moleküle erwärmt, und sobald ihre Temperatur steigt, teilen sie den unmittelbar dahinter gelegenen Molekülen die Wärme mit. Dieser Vorgang wiederholt sich und setzt sich fort bis zur äußern

Wandfläche F_2, die mit der Luft von der Temperatur t in Berührung ist; auch werden die Erscheinungen sich in jedem beliebigen Stück der homogenen Wand zwischen den beiden Begrenzungsflächen wiederholen und es wird endlich ein Zeitpunkt eintreten, wo nicht nur die Begrenzungsflächen F_1 und F_2, sondern auch alle damit parallelen Durchschnittsebenen F_x im Innern der Wand isothermische Flächen bilden.

Denkt man die Wand durch eine Reihe solcher Flächen, die gleich weit voneinander abstehen, in eine große Anzahl dünner Schichten oder Elementarplatten geteilt, so werden offenbar die Temperaturen dieser Schichten anfänglich von F_1 nach F_2 hin progressiv abnehmen. Auch die Temperatur-Differenzen zweier benachbarten isothermischen Flächen werden allmählich von F_1 nach F_2 hin abnehmen, weil die zwischenliegenden Schichten von der einen Seite mehr Wärme aufnehmen, als sie an die benachbarte Schicht abgeben, einen Teil also festhalten und dadurch ihre Temperatur erhöhen. Mit dem Anwachsen der Temperatur nehmen aber die vorgenannten Differenzen mehr und mehr ab und mit ihnen auch die Differenzen der Wärmemengen, welche von den einzelnen Schichten aufgenommen und abgegeben wurden. So tritt schließlich ein Zustand ein, wo jede Schicht von der vorhergehenden gerade so viel Wärme empfängt, als sie in derselben Zeit an die folgende abgiebt, d. h. die Wärmemenge, welche innerhalb gegebener Zeit durch irgend eine isothermische Fläche hindurchgeht, ist konstant. Solange also die Temperaturen T und t sich nicht ändern, bleiben die Temperaturen der isothermischen Flächen stationär. Diese Grenze ist der Beharrungszustand.

Sobald man aufhört, die Temperatur der Zimmerluft mittels der Wärmequelle auf T zu erhalten, nehmen die Temperaturen der Wandmoleküle wieder ab. Man nennt diese Phase wohl auch den Endzustand. Die, dem Beharrungszustande vorhergehende Phase des Wärmeüberganges, während welcher die Temperaturen der Wandmoleküle allmählich und bis zur Grenze steigen, wird als Anfangszustand unterschieden.

§ 13.

Wärmeverluste bei konstanten Temperaturen.

Zur Bestimmung der Wärmemenge, welche durch eine ebene Wand von gleicher Dicke hindurchgeht, wenn die berührenden Medien auf konstanter Temperatur gehalten werden, hatte Péclet, unter Zugrundelegung des bekannten Gesetzes von Dulong und Pétit, eine Reihe von Versuchen über die Abkühlung dünnwandiger Gefäße aus Metall angestellt und 1854 veröffentlicht. Er kam dabei zu folgenden Resultaten [1]):

1) Die Abkühlung eines Körpers ist abhängig von seiner Strahlung gegen die umgebende Luft und von dem Kontakt desselben mit der Luft, d. h. von der Leitung.
2) Die durch Strahlung emittierte Wärmemenge R ist gegeben durch die Formel:
$$R = K\,\Theta\,(1 + 0{,}0056\,\Theta).$$
3) Die durch Leitung verlorene Wärmemenge A drückt sich aus durch:
$$A = K^1\,\Theta\,(1 + 0{,}0075\,\Theta).$$

In diesen Formeln bezeichnet:
Θ die Temperaturdifferenz zwischen dem erkaltenden Körper und seiner Umgebung, und
K einen Koeffizienten, welcher abhängig ist von der Natur der Oberfläche, während
K^1 einen von der Form und den Dimensionen des Körpers abhängigen Koeffizienten bezeichnet.

Wenn man statt der beiden Koeffizienten 0,0056 und 0,0075 mit hinreichender Genauigkeit das arithmetische Mittel aus beiden setzt, so erhält man für den totalen Wärmeverlust W die Gleichung:
$$W = R + A = (K + K_1)\,.\,\Theta\,.\,(1 + 0{,}0065\,\Theta).$$

Für schwache Temperaturdifferenzen ($\Theta < 20^0$) kann man die Glieder zweiten Grades vernachlässigen und hat dann:
$$W = R + A = (K + K^1)\,\Theta \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Der Ausdruck 1) heißt das Gesetz von Newton; es gilt nur innerhalb der Grenzen $\Theta > 25$ und $< 65^0$ und für eine Lufttemperatur $T = 12^0$. Für höhere Temperaturdifferenzen muß man die Formeln von Dulong und Pétit benutzen.

Um den Ausdrücken für R und A eine allgemeine Form zu geben und die Koeffizienten K und K^1 feststellen zu können, betrachten wir nunmehr:

1. Die Emission der Wärme.

Auf Grund seiner Versuche kam Péclet zu folgenden Resultaten:

a) Die Quantität der, durch die Flächeneinheit gestrahlten Wärme ist unabhängig von der Form und Größe des Körpers, dagegen abhängig von der Natur der Oberfläche, von der absoluten Temperatur derselben und von der Temperaturdifferenz zwischen dem Wärme abgebenden Körper und der ihn umgebenden Luft.

Die Quantität der pro Quadratmeter und Stunde gestrahlten Wärme ist gegeben durch die Formel:

1) Péclet. Traité de la chaleur. Tome III, Note X.

$$K = 124{,}72\, K a^{t} \left(\frac{\Theta}{a-1}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

worin:

Θ die Temperaturdifferenz zwischen der Wärme abgebenden Fläche und der umgebenden Luft bezeichnet,
t die Temperatur der äußern Luft,
a die konstante Zahl 1,007 und
K das Strahlungsvermögen, d. h. eine von der Natur der Oberfläche abhängige Zahl.

Tabelle IV enthält die Werte von K für die in der Praxis vorkommenden wichtigeren Substanzen.

Tabelle IV. Werte des Strahlungsvermögens für verschiedene Substanzen.

Kupfer	0,16	Sand, feinkörnig . .	3,62
Messing	0,26	Bausteine	3,60
Zinn	0,21	Glas	2,91
Zink	0,24	Holz	3,60
Blech, poliert . . .	0,45	Wolle	3,68
Weißblech	0,65	Seide	3,71
Blech, oxydiert . .	3,36	Ölfarbenanstrich . .	3,71
Gußeisen, neu . .	3,17	Papier	3,77
„ oxydiert .	3,36	Wasser	5,31

b) Der Wärmeverlust durch **Leitung** ist unabhängig von der Natur der Oberfläche des Körpers und von der Temperatur der Umgebung; aber er ist abhängig von der Temperaturdifferenz des Wärme abgebenden Körpers gegen die ihn umgebende Luft, auch von der Form und den Dimensionen des Körpers.

Der Wärmeverlust durch Leitung ist pro Quadratmeter und Stunde gegeben durch die Formel:

$$A = 0{,}552\, K^1\, \Theta^{1{,}233} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Hierin bedeutet:

Θ die Temperaturdifferenz zwischen dem Körper und der umgebenden Luft, und
K^1 eine Zahl, welche mit der Form und den Dimensionen des Körpers wechselt.

Für den Koeffizienten K^1 fand Péclet aus seinen Versuchen folgende empirische Formeln für Körper in Berührung mit Luft.

Tabelle V.

Kugelfläche vom Halbmesser r	$K^1 = 1{,}778 + \frac{0{,}13}{r}$	a.
Horizontale Cylinderfläche vom Halbmesser r	$K^1 = 2{,}058 + \frac{0{,}0382}{r}$	b.
Vertikaler Cylinder vom Halbmesser r und von der Höhe h	$K^1 = \left(0{,}726 + \frac{0{,}0345}{\sqrt{r}}\right) \cdot \left(2{,}43 + \frac{0{,}8758}{\sqrt{h}}\right)$	c.
Vertikale ebene Fläche von der Höhe h	$K^1 = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}$	d.

Anm. Die Formel d ergiebt sich aus c, wenn $r = \infty$ gesetzt wird.

In Tabelle Va sind die Werte von K^1 für ebene vertikale Flächen und für verschiedene Werte von h berechnet.

Tabelle Va.

Werte von h in Metern	Werte von K^1	Werte von h in Metern	Werte von K^1
0,10	3,848	2,00	2,21
0,20	3,186	3,00	2,13
0,30	2,926	4,00	2,08
0,40	2,770	5,00	2,05
0,50	2,66	10,00	1,96
0,60	2,585	15,00	1,92
1,00	2,400	20,00	1,90

c) Die Resultate seiner Versuche faßt Péclet endlich zusammen in der Formel:

$$W = 124{,}72\, K a^{t} \left(\frac{\Theta}{a-1}\right) + 0{,}552\, K^1\, \Theta^{1{,}233} \quad . \quad (4)$$

oder auch:

$$W = S \cdot K + L K^1,$$

wenn man setzt:

$$124{,}72\, a^{t} \left(\frac{\Theta}{a-1}\right) = S \text{ und } 0{,}552\, \Theta^{1{,}233} = L.$$

In Tabelle VI sind für verschiedene Temperaturdifferenzen die entsprechenden Werte von S und L für Intervalle von 10° zusammengestellt, wobei die Temperatur des umgebenden Raumes = 15° angenommen wurde.

Tabelle VI.

Temperaturdifferenz Θ	Werte von S	Werte von L	Temperaturdifferenz Θ	Werte von S	Werte von L
10°	11,2	9,4	140°	269,5	244,4
20°	23,2	22,2	150°	302,1	266,1
30°	36,1	36,6	160°	339,0	288,1
40°	50,1	52,2	170°	377,4	310,5
50°	65,3	68,6	180°	418,5	333,2
60°	81,7	86,0	190°	463,2	356,1
70°	99,3	104,0	200°	511,2	379,4
80°	118,5	122,6	210°	563,1	402,9
90°	138,7	141,7	220°	619,0	426,7
100°	161,3	161,5	230°	679,5	450,7
110°	185,3	181,5	240°	744,8	475,0
120°	211,3	202,1	250°.	844,7	498,6
130°	239,3	223,1			

Anm. Wenn die Temperatur t des umgebenden Raumes mehr oder weniger als 15° ist, so sind die Werte von S in vorstehender Tabelle mit den in Tabelle VII enthaltenen Korrektions-Faktoren zu multiplizieren.

Tabelle VII.

t =	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°
Korrekt.-Faktor	0,89	0,96	1,04	1,12	1,21	1,31	1,41	1,52	1,65	1,78	1,92

Wenn endlich die Temperaturdifferenz Θ zwischen zwei Werten der Tabelle VI liegt, so erhält man die entsprechenden Werte von S und L, indem man das arithmetische Mittel der benachbarten Tabellenwerte sucht. Hierbei ist die Annahme gemacht: daß die Quantität der emittierten Wärme in Intervallen von 10° gleichmäßig mit der Temperatur zunimmt.

Für die Temperaturdifferenz $\Theta = 35°$ würden die Werte von S und L wie folgt gefunden:

Für $\Theta = 30°$ ist $S = 36{,}1$ und $L = 36{,}6$.
" $\Theta = 40°$ " $S = 50{,}1$ " $L = 52{,}2$.

Nun ist $\frac{36{,}1}{30} = 1{,}203$, $\frac{36{,}6}{30} = 1{,}220$

und $\frac{50{,}1}{40} = 1{,}252$, $\frac{52{,}2}{40} = 1{,}305$.

Das Mittel aus 1,203 und 1,252 ist = 1,227 und
" " " 1,220 " 1,305 " = 1,262;

daher kann man die Werte S und L für $\Theta = 35°$ setzen:

$$S = 1{,}227 \,.\, 35 = 42{,}94; \quad L = 1{,}262 \,.\, 35 = 44{,}17$$

oder allgemein: zwischen 30° und 40° ist der Wert von

$$S = 1{,}227 \,.\, \Theta; \qquad L = 1{,}262 \,.\, \Theta.$$

Für eine Temperaturdifferenz Θ zwischen 150° und 160° erhält man in ähnlicher Weise:

$$S = 2{,}066\ \Theta \qquad L = 1{,}787\ \Theta,$$

d. h. die Koeffizienten der Werte S und L sind nicht konstant, wie die Formel von Newton es voraussetzen läßt, sondern sie variieren für Temperaturunterschiede zwischen 0° und 250°, und zwar der erstere in den Grenzen von 1 und 3,24, der letztere zwischen 1 und 2.

Bezeichnen also s und l ganz allgemein zwei in der eben angegebenen Art aus Tab. VI und VII entnommene Zahlen, so hat man als Ausdruck für die Emission durch Strahlung und Leitung (Formel (4) der Péclet'schen Resultate)

$$W = (s \,.\, K + l \,.\, K^1)\,\Theta \;.\;\;.\;\;.\;\;. \quad (4^a)$$

worin Θ der Temperaturunterschied zwischen dem abkühlenden Körper und seiner Umgebung. Der Ausdruck $s \,.\, K + l \,.\, K^1$ wird der äußere Wärmeleitungs-Koeffizient, auch der Wärmeabgabe-Koeffizient genannt. Bezeichnet man denselben mit Q, so ist $W = Q\,\Theta$, und setzt man $\Theta = 1°$, so ist

$$W \quad Q,$$

d. h. der äußere Wärmeleitungs-Koeffizient ist die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche von den beiden Begrenzungsflächen einer Wand pro Quadratmeter und Stunde aufgenommen oder abgegeben werden, wenn die Temperaturdifferenz Θ zwischen Wand und berührender Flüssigkeit 1° C. beträgt.

Anwendung der Formeln.

1. Beispiel. Ein häufig vorkommender Fall ist die Berechnung der Wärmeabgabe von Dampfheizröhren. Es soll die Anzahl von Wärmeeinheiten gesucht werden, welche der Quadratmeter gußeisernes horizontales Heizrohr stündlich emittiert, wenn dasselbe durch Dampf von 100° erhitzt wird und die Temperatur der Umgebung 15° beträgt.

Nach den Resultaten von Péclet bestimmt sich die Emission durch Strahlung und Leitung mittels der Formel (4)

$$W = S \,.\, K + L \,.\, K^1.$$

Aus Tabelle IV findet man für Gußeisen $K = 3{,}36$. Zur Berechnung von K^1 dient die Formel (6)

$$K^1 = 2{,}058 + \frac{0{,}0382}{r},$$

worin r den Durchmesser des horizontalen Cylinders bezeichnet. Setzt man für r nacheinander die Werte

0,05 0,10 0,15,

so findet man $K^1 =$

2,82 2,44 2,30.

Θ ist im vorliegenden Falle $= 85^0$, also nach vorstehender Anleitung, wenn man das arithmetische Mittel für Werte zwischen 80 und 90^0 sucht:

$$S = 1{,}511 \,.\, \Theta = 128{,}4; \quad L = 1{,}553 \,.\, \Theta = 132{,}0.$$

Nunmehr findet man:

für $r = 0{,}05$ $W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132{,}0 \,.\, 2{,}82 = 803$ Wärmeeinh.,
„ $r = 0{,}10$ $W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132{,}0 \,.\, 2{,}44 = 753$ „
„ $r = 0{,}15$ $W = 128{,}4 \,.\, 3{,}36 + 132{,}0 \,.\, 2{,}30 = 735$ „

Wird das cylindrische Rohr jedoch vertikal angebracht, so ist zur Bestimmung von K^1 die Formel c zur Anwendung zu bringen:

$$K^1 = \left(0{,}726 + \frac{0{,}0345}{\sqrt{r}}\right) . \left(2{,}43 + \frac{0{,}8758}{\sqrt{h}}\right);$$

unter r den Radius und unter h die Höhe des Cylinders verstanden.

Die Tabelle VIII enthält für eine gewisse Anzahl von Höhen und Halbmessern die zugehörigen Werte von K.

Tabelle VIII.

Halbmesser des Cylinders	Höhe des Cylinders in Metern					
	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
0,025	3,55	3,20	2,95	2,84	2,79	2,73
0,05	3,22	2,90	2,68	2,57	2,52	2,48
0,10	3,05	2,75	2,54	2,44	2,39	2,35
0,20	2,93	2,65	2,45	2,35	2,30	2,26
0,30	2,88	2,60	2,40	2,31	2,26	2,22

2. Beispiel. Es ist die totale Emission eines 4 m langen, vertikalen, gußeisernen, cylindrischen Rohres zu berechnen, dessen Temperatur durch Dampf auf 100^0 gehalten wird, während die umgebende Luft 10^0 beträgt.

Aus Tabelle VIII findet man:

für $h = 4{,}0$ m und $r = 0{,}05$, $K^1 = 2{,}52$,
„ $h = 4{,}0$ m „ $r = 0{,}10$, $K^1 = 2{,}39$.

Der Strahlungskoeffizient für Gußeisen ist: $K = 3{,}36$.

Da die Temperaturdifferenz im vorliegenden Falle 90^0 beträgt, so hat man nach Tabelle VI:

$$S = 138{,}7 \text{ und } L = 141{,}7.$$

Weil aber die Temperatur t der Luft nur 10^0 ist, so haben wir den Wert von S zu multiplizieren mit dem Korrektionsfaktor 0,96 (Tabelle VII), so daß

$$S = 133{,}15 \text{ und } L = 141{,}7 \text{ (wie oben).}$$

Endlich findet man:

für $r = 0{,}05$ $W = 133{,}15 \,.\, 3{,}36 + 141{,}7 \,.\, 2{,}52 = 804$ Wärmeeinh.
„ $r = 0{,}10$ $W = 133{,}15 \,.\, 3{,}36 + 141{,}7 \,.\, 2{,}39 = 768$ „

Bestände das cylindrische Rohr aus Kupfer, so ist unter sonst gleichen Verhältnissen nur der betreffende Koeffizient K einzusetzen. Nach Tabelle IV ist das Strahlungsvermögen des Kupfers $= 0{,}16$, daher

für $r = 0{,}05$ $W = 133{,}15 \,.\, 0{,}16 + 141{,}7 \,.\, 2{,}52 = 378$ Wärmeeinh.

Vertikale Flächen endlich geben Leitungskoefffzienten, welche der Formel d in Tabelle V entsprechen. Ist nämlich h die Höhe der Fläche, so ist

$$K = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}.$$

3. Beispiel. Ein gußeisernes Reservoir von rechteckiger Grundform wird mittels zuströmender Dämpfe auf einer Temperatur von 100^0 erhalten. Die Temperatur der Umgebung beträgt 0^0; es soll der totale Wärmeverlust durch die Wandungen pro Quadratmeter und Stunde gefunden werden.

Für die Temperaturdifferenz $\Theta = 100^0$ ist nach Tabelle VI und VII:

$$S = 161{,}3 \,.\, 0{,}89 = 143{,}5 \text{ und } L = 161{,}5.$$

Für Gußeisen ist $K = 3{,}36$ und K^1 bei 1 m Höhe $= 2{,}40$ (Tabelle V^a), daher

$$W = 143{,}5 \,.\, 3{,}36 + 161{,}5 \,.\, 2{,}40 = 482{,}1 + 387{,}6 = 869{,}7 \text{ W.-E.}$$

Alle diese Formeln beziehen sich auf Fälle, wo der emittierende Körper konstant dieselbe Wärmemenge inne hat, wie dies bei Dampfgefäßen geschieht, in denen immer frischer Dampf nachströmt und die abgegebene Wärme ersetzt. Auch wenn Wasser der Wärme abgebende Körper ist, können diese Formeln Anwendung finden, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Masse der Flüssigkeit groß genug ist, um wenigstens für eine gewisse Zeit als konstante Wärmequelle angesehen werden zu können. — Jedenfalls ist in allen vorgeführten Beispielen die Annahme gemacht, daß die Transmission durch dünne Metallwände hindurch stattfinde, deren Leitungsvermögen größer ist oder ebenso groß als dasjenige des Wärme abgebenden Körpers.

Sind die Wände, durch welche der Wärmeverlust stattfindet, von einiger Dicke, so gelten zwar die Koeffizienten für Strahlung und Leitung an die Wärme aufnehmende Luft, aber es kommt alsdann ein neuer Faktor hinzu, die Leitungsfähigkeit desjenigen Materials, aus dem die Wand hergestellt ist. Auch diesen Koeffizienten hat Péclet für eine große Anzahl von Körpern bestimmt.[1])

1) Péclet. Traité de la chaleur. Tome III, p. 453, § 2. Der Apparat bestand aus Gefäßen desjenigen Materials, dessen Wärmeleitungsfähigkeit man suchte bei verschiedener Dicke, verschiedener Form und Dimensionen. Sie wurden bald von außen, bald

§ 14.

II. Transmission der Wärme.

Um zu einem Ausdruck zu gelangen für die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit die Flächeneinheit einer homogenen ebenen Wand von konstanter Dicke durchdringt, knüpfen wir wiederholt an die in § 12 aufgestellte Hypothese der Wärmefortpflanzung im Innern dieser Wand. Die im Beharrungszustande durch unendlich dünne Schichten transmittierte Wärmemenge ist nun direkt proportional der Oberfläche F und der Temperaturdifferenz der beiden Außenflächen τ_1 und τ_2 der Wand, aber umgekehrt proportional der Dicke e derselben; d. h. es ist der Wärmeverlust gegeben durch die Gleichung:

$$W = \lambda \left(\frac{\tau_1 - \tau_2}{e}\right), F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Diese Formel ist durch die Erfahrung bestätigt und liefert Resultate von hinreichender Genauigkeit.

λ ist ein vom Material der Wand abhängiger Wert, er wird der innere Wärmeleitungs-Koeffizient der Substanz genannt.

Nimmt man als Längeneinheit das Meter, als Flächeneinheit das Quadratmeter und als Zeiteinheit die Stunde, so wird für $\tau_1 - \tau_2 = 1$, $F = 1$ und $e = 1$,

$$W = \lambda,$$

d. h. der innere Wärmeleitungs-Koeffizient einer Substanz ist die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche in der Stunde durch den Quadratmeter einer ebenen, einen Meter dicken Wand von dieser Substanz hindurchgehen, wenn deren Begrenzungsebenen auf einen Grad Temperaturdifferenz gehalten werden.

Tabelle IX enthält die in der Technik am häufigsten vorkommenden Werte von λ, wie sie von Péclet auf Grund seiner Experimente und der Versuche von Despretz abgeleitet wurden[1]), und die zugehörigen spezifischen Gewichte der Substanzen.

Tabelle IX.

Substanz	Spezifisches Gewicht	Wärmeleitungs-Koeffizient λ
Grauer Marmor, feinkörnig	2,68	3,48
Weißer Marmor, grobkörnig	2,77	2,78
Kalkstein, feinkörnig	2,34	2,08
" "	2,17	1,70
Lias-Kalkstein	2,24	1,32
Feiner Gips, zu Mörtel angerührt . .	1,25	0,52
Gebrannter Thon	1,98	0,69
" "	1,85	0,51
Tannenholz, senkrecht zu den Fasern . .	0,48	0,09
" parallel " " " . .		0,17
Eichenholz, senkrecht zu den Fasern . .	0,664	0,20
Glas	2,44	0,75
"	2,55	0,88
Quarzsand	1,47	0,27
Holzasche	0,45	0,06
Graues Papier, ungeleimt	0,48	0,034
Eisen	7,79	28,00
Kupfer	8,90	69,00
Zinn	7,29	22,00

Mittels der Gleichung (5) und der Tabelle IX läßt sich die Wärmemenge berechnen, welche in der Zeiteinheit (Stunde) durch eine Wand bestimmten Materials transmittiert wird, wenn man die Temperatur ihrer beiden Oberflächen kennt. Aber diese sind nicht bekannt und können nur durch Untersuchungen gefunden werden, welche in der Praxis schwer ausführbar sind. Man muß also suchen, zwei weitere Gleichungen zwischen τ_1 und τ_2 und den bekannten Temperaturen der Luft T und t herzustellen, mit deren Hilfe man τ_1 und τ_2 eliminiert und W als Funktion der Lufttemperaturen darstellt.

Da nun im Beharrungszustande (und innerhalb der Grenzen, für welche das Gesetz von Newton gilt) sich die Erwärmung der innern Oberfläche und die Abkühlung der äußern Oberfläche nach demselben Gesetz vollzieht, d. h. die Wärmemenge, welche in die innere Oberfläche der Wand eindringt, gleich derjenigen ist, welche in derselben Zeit durch die Außenfläche ausströmt, gleich derjenigen, welche durch irgend eine isothermische Fläche des betrachteten Wandstückes geht: so erhält man drei verschiedene Ausdrücke für die Wärmemenge W, welche pro Flächeneinheit und Stunde transmittiert wird. In dem obigen Ausdruck unter 4a erscheint W als Funktion des äußern Wärmeleitungs-Koeffizienten, während Gleichung (5) den Wärmeverlust als Funktion des innern Wärmeleitungs-Koeffizienten λ giebt. Zur Erzielung einfacher Resultate wendet nun Péclet nicht die Dulong'schen Formeln (2) und (3), auch nicht die einfacheren Formeln an, welche für den

von innen mit heißem Wasser oder Dampf in Berührung gebracht. Durchlässige und pulverförmige oder faserige Körper wurden mit dünnen Schichten einer dichten Substanz bekleidet. Da die entsprechenden Werte für die Oberflächen bekannt waren, konnte man die Leitungsfähigkeit der eingeschlossenen Substanz wohl berechnen.

1) E. Péclet. Traité de le chaleur. Tome III, p. 471 und 472.

speziellen Fall $T = 12^0$ gelten, sondern die Gleichung (1), welche als „Gesetz von Newton" bezeichnet wurde:

$$W = (K + K^1)\,\Theta.$$

Dies Gesetz ist für schwache Temperaturdifferenzen hinreichend genau, um so mehr als man in allen Rechnungen, die sich auf Transmission der Wärme beziehen, nur Näherungswerte erhalten kann und Nebenumstände, als Wirkung der Sonne und des Windes, nicht in Betracht gezogen werden können.

Der Wärmeverlust infolge der innern Wärmeleitungsfähigkeit des Materials berechnet sich also nach Gleichung (5) wie folgt:

$$W = \frac{\lambda\,(\tau_1 - \tau_2)}{e}.$$

Dagegen wird von der innern Wandfläche nach dem Gesetz von Newton pro Quadratmeter und Stunde aufgenommen die Wärmemenge:

$$W = (K + K^1)\,(T - \tau_1) = Q\,(T - \tau_1)$$

und von der äußern Fläche wird abgegeben die Wärmemenge

$$W = (K + K^1)\,(\tau_2 - t).$$

Im Beharrungszustande sind diese drei Wärmemengen gleich und es folgt durch Elimination:

$$\tau_1 = \frac{T\,(\gamma + Qe) + \gamma\,\tau_2}{2\,\lambda + Qe} \qquad \tau_2 = \frac{Q\,(\lambda + Qe) + T\,\lambda}{2\,\lambda + Qe}$$

endlich ist

$$W = \frac{\lambda\,.\,Q}{2\,\lambda + Qe}\,(T - t)\,[1] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Setzt man $T - t = 1$, so ersieht man leicht, daß $\frac{\lambda\,Q}{2\,\lambda + Qe}$ die Anzahl Wärmeeinheiten angiebt, welche im Beharrungszustande pro Stunde durch den Quadratmeter der Begrenzungsfläche der Wand hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt. Dieser Wert wird der „Transmissions-Koeffizient" oder der „Wärmedurchgangs-Koeffizient" genannt.

Ist der Ausdruck Qe sehr klein im Verhältnis zu $2\,\lambda$, dann kann derselbe vernachlässigt werden und die Gleichung (6) erhält die einfachere Gestalt

$$W = \frac{Q}{2}\,(T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

1) Schinz in seiner Wärmemeßkunst S. 214 bestimmt unter der Annahme, daß in vielen Fällen $\tau_1 = T$ sei, den Wert

$$W = \frac{Q\,.\,(T - t)}{1 + Q\,\frac{e}{\lambda}} = \frac{\lambda\,.\,Q\,(T - t)}{\lambda + Qe}.$$

d. h. der Wert von W wird unabhängig vom Material und der Wanddicke; ein Fall, der u. a. eintritt bei der Transmission der Glasscheiben.

Zahlenbeispiele.

1. Fall. Ein Raum, dessen Mauern 0,5 m dick und 5 m hoch sind, wird durch einen Heizapparat + 15° C. warm erhalten. — Die Lufttemperatur im Freien beträgt + 2°, das Material der Wand ist Kalkstein: es soll die Wärmetransmission der Mauern pro Quadratmeter und Stunde gefunden werden.

Dieselbe drückt sich aus durch Formel (6):

$$W = \frac{\lambda\,.\,Q\,.\,(T - t)}{2\,\lambda + Qe}.$$

Im vorliegenden Falle ist $T = 15^0$, $t = 2^0$, $T - t = 13^0$.

Die Wärmeleitungsfähigkeit des Kalksteins findet man nach Tabelle IX . . . . . $\lambda = 1{,}70$.

Der Koeffizient der Leitung für 5 m hohe Flächen ist . . . . $K^1 = 2{,}05$.

Der Koeffizient der Strahlung (Tabelle IV) $K = 3{,}60$.

$Q = K + K^1 = 5{,}65$.

$e = 0{,}50$.

Hiernach ist

$$W = \frac{1{,}70\,.\,5{,}65\,.\,13}{2\,.\,1{,}70 + 5{,}65\,.\,0{,}5} = 20{,}05 \text{ Wärmeeinh.}$$

Wenn dagegen das Material der Wand Backstein ist, dessen Wärmeleitungsfähigkeit $\lambda = 0{,}69$ oder rund $= 0{,}70$, so hat man unter denselben Bedingungen für eine 2 Stein starke Wand ($e = 0{,}52$):

$$W = \frac{0{,}7\,.\,5{,}65\,.\,13}{2\,.\,0{,}7 + 5{,}65\,.\,0{,}52} = 11{,}85 \text{ Wärmeeinh.}$$

Die Backsteine sind also ein geeigneteres Material zur Herstellung von Wohnräumen, als der Kalkstein.

Nasse Wände bedingen ebenfalls einen höheren Wärmeverlust, denn für eine vom Regen durchnäßte Mauer darf man nach Tab. IV annehmen $K = 5{,}31$, während $K^1 = 2{,}05$ wie oben, $Q = 7{,}36$ und

$$W = \frac{0{,}7\,.\,7{,}36\,.\,13}{2\,.\,0{,}7 + 7{,}36\,.\,0{,}52} = 12{,}83 \text{ Wärmeeinh.}$$

Péclet hat die Transmissionsfähigkeit der Kalksteinmauern von 0,10—1,00 m Stärke berechnet unter dem Gesichtspunkte, daß die Zimmertemperatur 15° beträgt und als Lufttemperatur + 6°, d. h. nahezu der Mittelwert der Lufttemperatur von Paris während der 7 Heizmonate zu Grunde liege. Da aber die Dimensionen 0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m . . . unseren gebräuchlichen Mauerstärken nicht entsprechen, auch der Kalkstein in Deutschland nicht wie in Paris zu Frontmauern durchgängig zur Verwendung

kommt, endlich die Maximaltemperatur des Winters nach anderen Gesichtspunkten zu bemessen ist, so können wir von diesen Werten der Péclet'schen Tabelle absehen.

Bei Anwendung der Formel (6) ist zu beachten: daß sie streng genommen nur anwendbar ist zur Berechnung der Transmission solcher Räume, bei denen nur eine Frontwand der äußern Luft ausgesetzt ist, während die übrigen Wände an erwärmte Räume angrenzen, d. h. so angesehen werden können als seien sie auf die Temperatur T des Raumes gebracht.

2. Fall. Sind alle Umschließungswände eines Raumes der äußern Luft exponiert, wie bei Kirchen oder isolierten Pavillons, dann findet die Erwärmung der inneren Mauerflächen offenbar nur infolge der Luftbewegung, d. h. durch Leitung statt und die Bestrahlung der einen Wand durch die anderen fällt fort oder ist wenigstens ohne Einfluß, weil sämtliche Innenflächen sich auf gleicher Temperatur befinden müssen.

Unter Beibehaltung der früheren Annahmen wird dann der Wärmeverlust durch innere Leitungsfähigkeit des Materials:

$$= \frac{\lambda}{e} (\tau_1 - \tau_2)$$

und derjenige durch Leitung der Innenluft an der innern Wandfläche

$$= K^1 (T - \tau_1);$$

endlich derjenige durch Leitung und Strahlung an die äußere atmosphärische Luft

$$= (K + K^1) . (\tau_2 - t) = Q . (\tau_2 - t).$$

Für den Beharrungszustand sind diese Wärmemengen aber gleich, daher findet man durch Elimination die Gesamttransmission

$$W = \frac{K^1 \lambda Q (T - t)}{\lambda (Q + K^1) + Q e K^1} \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Zahlenbeispiel. Wenden wir diese Formel zur Berechnung der Wärmetransmission eines 5 m hohen Raumes an, dessen Mauern wie vorher 2 Stein stark sind, während auch die Temperaturen der innern und äußern Luft dieselben bleiben wie in dem vorhergehenden Falle, so findet man — Backstein als Mauermaterial angenommen — die Transmission pro Quadratmeter und Stunde

$$W = \frac{2{,}05 . 0{,}7 . 5{,}65 . 13}{0{,}7 (5{,}65 + 2{,}05) + 5{,}65 . 0{,}52 . 2{,}05} = 9{,}23 \text{ W.-E.}$$

Im 1. Falle fanden wir W = 11,85 Wärmeeinheiten; der Wert von W fällt also für freistehende Pavillons geringer aus, was daher rührt: daß die Temperatur der inneren Mauerflächen solcher Räume stets eine niedrigere ist, als bei geschützter Lage zwischen bewohnten Räumen. Dieser Umstand tritt ganz besonders stark in Kirchen hervor, deren Wände aus einem gut leitenden Material hergestellt sind. Die an der innern Wandfläche befindliche Luft ist dann bis auf eine gewisse Entfernung hin immer von geringerer Temperatur als die mittlere Temperatur des Lokales, folglich ist auch die Temperatur τ_1 der innern Wandfläche niedriger als T.

Hätten die Mauern eine bedeutendere Höhe, etwa 20 m, so findet man aus Tabelle V für 20 m hohe Flächen K = 1,90, also Q = 3,60 + 1,90 = 5,50. Die Werte T — t, λ, K und e bleiben unverändert und es ist

$$W = \frac{1{,}90 . 0{,}7 . 5{,}50 . 13}{0{,}7 (5{,}50 + 1{,}90) + 5{,}50 . 0{,}52 . 1{,}90} = 8{,}96 \text{ W.-E.},$$

ein Resultat, welches nur geringe Abweichung zeigt, so daß die Höhe der Mauern nicht wesentlich deren Transmission beeinflußt.

3. Fall. Besteht die Wand aus zwei sich berührenden Schichten von ungleicher Leitungsfähigkeit λ und λ^1, deren Dicken durch e respektive e^1 bezeichnet seien, und ist ϑ die Temperatur ihrer Berührungsfläche, so hat man wiederum die Wärmeverluste infolge der Leitungsfähigkeit der Materialien beider Schichten:

$$W = \frac{\lambda}{e} (\tau_1 - \vartheta) \text{ und } = \frac{\lambda^1}{e^1} (\vartheta - \tau_2).$$

Der Wärmeverlust an der inneren und äußeren Fläche ist dagegen gegeben durch die Formeln:

$$W = K^1 (T - \tau_1) \text{ und } = Q (\tau_2 - t).$$

Diese vier Werte für W sind im Beharrungszustande gleichzusetzen, woraus folgt:

$$W = \frac{\lambda . Q (T - t)}{Q + K^1 + K^1 Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{e^1}{\lambda^1}\right)} \quad . \quad . \quad (9)$$

Mauern von Backstein, deren Außenseite mit Werkstücken beliebigen Materials von der Dicke e^1 bekleidet ist, würden nach dieser Transmissionsformel zu berechnen sein, indem man für λ und λ^1 die entsprechenden Werte aus Tabelle IX substituiert und im übrigen wie oben verfährt.

Für eine größere Anzahl von Schichten verschiedenen Materials erhält man den Wärmeverlust

$$W = \frac{\lambda . Q (T - t)}{Q + K^1 + K^1 Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{e'}{\lambda'} + \frac{e''}{\gamma''} + \ldots\right)} \quad (10)$$

4. Fall. Wenn endlich die Schichten gleichen oder verschiedenen Materials durch Luftzwischenräume getrennt sind, dann wird die Quantität der transmittierten Wärme geringer als vorher ausfallen. Derartige Luftschichten nennt man „isolierende Luftschichten". Nimmt man an, daß die Intervalle breit genug sind, um eine Bewegung der Luft zuzulassen, so kann man, ohne sich von

der Wahrheit allzuweit zu entfernen, annehmen, daß die, durch die gegenüberstehenden Seiten des Isolierraumes transmittierte Wärmemenge gleich ist

$$Q\,(x - x^1),$$

wobei unter x und x^1 die Temperaturen dieser Innenseiten des Luftraumes verstanden werden. Wenn dagegen statt des Hohlraumes eine Materie von der Leitungsfähigkeit λ und Dicke e angeordnet wäre, so ist der Wärmeverlust repräsentiert durch

$$\frac{\lambda}{e}\,(x - x^1).$$

Man erhält also den Wert von W, indem man in den allgemeinen Formeln den Wert $\frac{\lambda}{e}$ ersetzt durch $\frac{1}{Q}$ und findet dann:

$$W = \frac{Q\,(T - t)}{2 + Q\left(\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q} + \frac{e''}{\lambda''}\right)};$$

$$W = \frac{Q\,(T - t)}{2 + Q\left(\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q} + \frac{e'}{\lambda'} + \frac{1}{Q} + \frac{e''}{\lambda''}\right)}. \quad (10a)$$

§ 15.

Transmission der Wärme durch Gläser.

Unsere Fensterglasscheiben sind ein besonderer Fall von den vorstehend abgehandelten Arten der Transmission, sie bilden dünne Wände von geringerer Leitungsfähigkeit als das Metall.

1. Fall. Sind die Gläser in einer Frontwand plaziert und ist nur diese Fensterwand der atmosphärischen Luft ausgesetzt, während die übrigen Wandflächen die Temperatur des Raumes zeigen, so werden die Glasscheiben sich von der innern Seite durch Strahlung der erwärmten Wandflächen und durch Kontakt mit der warmen Luft des Raumes erhitzen und von der äußern Seite durch analoge Ursachen abkühlen. Da die Quantität der transmittierten Wärme in diesem Falle unabhängig von der Dicke ist, wie in Gleichung (7) gezeigt wurde, so erhält man unter Beibehaltung der früheren Werte

$$W = (T - x)\,.\,Q \text{ und } W = (x - t)\,.\,Q,$$

woraus folgt die Temperatur der Scheiben:

$$x = \frac{T + t}{2} \text{ und } W = (T - t)\,.\,\frac{Q}{2} \quad . \quad . \quad (11)$$

Der Ausdruck $\frac{Q}{2}$ heißt der Transmissions-Koeffizient der Glasscheiben.

Setzt man $T - t = 1$, so giebt der Koeffizient $\frac{Q}{2}$ die Anzahl Wärmeeinheiten an, welche im Beharrungszustande stündlich durch den Quadratmeter Glasfläche hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt.

Um den Transmissions-Koeffizienten der Glasscheiben zu bestimmen, suche man den Wert von $K + K^1$ aus den Tabellen IV und Va. Aus ersterer findet man das Strahlungsvermögen des Glases $K = 2{,}91$. — Der Wert K^1 dagegen wechselt mit der Höhe der Gläser, wie nachstehende Ergänzung zu Tabelle V ergiebt. [1])

Tabelle X.

Höhe der Glasfläche	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Werte von K^1	2,40	2,21	2,13	2,08	2,05
Werte von $\frac{K + K^1}{2}$	2,65	2,56	2,52	2,496	2,479

Für Höhen, welche zwischen den Tabellenwerten liegen, bestimme man K^1 nach Formel d Tabelle V:

$$K^1 = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}.$$

2. Fall. Wir betrachten einen geschlossenen, ganz aus Glas konstruierten Pavillon, der durch heiße Luft erwärmt wird und sehen ab von der etwa eintretenden Erwärmung durch die Sonne. Die Glasflächen sind alsdann nur durch den Kontakt des innerhalb aufsteigenden Luftstromes erwärmt, denn die gegenseitige Strahlung wird effektlos sein, weil alle Oberflächen gleiche Temperaturen haben. Nach dem Vorhergehenden hat man also:

$$W = (T - x)\,K^1 \text{ und } W = (x - t)\,.\,(K + K^1)$$

und im Beharrungszustande

$$W = \frac{Q\,K^1}{Q + K^1}\,(T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Für freistehende Glashäuser findet man aus Tab. XI, und zwar für Höhen von 1—5 m, die pro Quadratmeter und Stunde transmittierte Wärmemenge, wenn die Temperaturdifferenz $T - t = 1^0$ C. beträgt.

Tabelle XI (nach Péclet).

Höhe der Glasfläche	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Werte des Transmissions-Koeffizienten	1,65	1,54	1,49	1,47	1,45
Differenz	—	0,11	0,05	0,02	0,02

1) In der Praxis fand Péclet bei direkten Versuchen die Werte von W noch geringer als in der Tabelle, weil er mit Scheiben von geringer Dimension experimentieren mußte.

Die Werte der Tabelle XI sind kleiner als diejenigen in Tabelle X, weil die freien Glasflächen eines Glashauses eine niedrigere Temperatur haben, als die Fenster eines geschlossenen Wohnzimmers.

3. Fall. Parallele Glasflächen. Sind in einer Frontwand Doppelfenster vorhanden, mit Zwischenräumen von solcher Größe, daß die Luft sich dazwischen bewegen kann, so erhält man — da beide Flächen eines jeden Glases nahezu gleiche Temperatur haben werden — den Wert von W, indem man in der allgemeinen Formel (10a) die Wanddicken e, e′, e″ gleich Null setzt. Man findet nun für Doppelfenster den Wert der Transmission:

$$W = \frac{Q}{2+1} \cdot (T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

und für dreifache Fenster

$$W = \frac{Q}{2+2} \cdot (T - t),$$

während für einfache Fenster ist

$$W = \frac{Q}{2} \cdot (T - t),$$

d. h. die Koeffizienten verhalten sich für einfache, doppelte und dreifache Fenster wie:

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4} = 1 : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}.$$

§ 16.

Die Herleitung der Wärmedurchgangs-Koeffizienten zur Bestimmung der Wärmeverluste von Mauern verschiedener Konstruktion und Stärke ist hier in elementarer Weise erfolgt, um der Tendenz dieses Werkes gemäß die Anwendung auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen. — Für Leser, denen die Anwendung des höhern Kalküls geläufig ist, geben wir noch nachstehende Methode der Entwickelung, und zwar ebenfalls unter der Annahme, daß im Prozesse der Wärmeüberführung durch eine ebene Wand von gleicher Dicke der Beharrungszustand eingetreten sei, daß also in der Zeiteinheit die gleiche Wärmemenge W aufgenommen, geleitet und abgegeben werde. Setzen wir nun die Temperatur der die Wand im Inneren begrenzenden unendlich dünnen Fläche $= \tau_1$ und diejenige an der äußern Begrenzung $= \tau_2$, so ist: an der inneren Wandfläche F_1 die aufgenommene Wärmemenge W offenbar proportional der bezüglichen Temperaturdifferenz und der Oberfläche, also

$$W = \lambda_1 F_1 (T - \tau_1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (I)$$

und an der äußern Oberfläche der Wand ebenso

$$W = \lambda_2 F_2 (\tau_2 - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (II)$$

Man nennt den Ausdruck:

λ_1 den Wärmeaufnahme-Koeffizienten,

λ_2 den Wärmeabgabe-Koeffizienten.

Bezeichnet endlich:

F_x die Oberfläche der im konstanten Abstande x von F gelegenen Elementarplatte,

τ_x und

$d\tau_x$ die Temperaturen zu beiden Seiten dieser Platte,

e die Dicke der Wand und

λ den Leitungs-Koeffizienten (vergl. Tabelle IX),

so hat man

$$W = \frac{\lambda F_x [\tau_x - (\tau_x + d\tau_x)]}{dx}$$

und hieraus

$$-d\tau_x = \frac{W\,dx}{\lambda F_x}.$$

Nach Integration zwischen den Grenzen x = o und x = e erhält man

$$\tau_1 - \tau_2 = \frac{W}{\lambda} \int_o^e \frac{dx}{F_x} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (III)$$

Werden nunmehr die aus den Gleichungen (I) und (II) sich ergebenden Werte:

$$\tau_1 = T + \frac{W}{\lambda_1 F_1}$$

$$\tau_2 = t + \frac{W}{\lambda_2 F_2}$$

in Gleichung (III) eingesetzt, so ergiebt sich

$$T - t - \left[\frac{W}{\lambda_1 F_1} + \frac{W}{\lambda_2 F_2}\right] = \frac{W}{\lambda} \int_o^e \frac{dx}{F_x}$$

und hieraus die in der Zeiteinheit durch die Wand transmittierte Wärme

$$W = \frac{T - t}{\frac{1}{\lambda_1 F_1} + \frac{1}{\lambda_2 F_2} + \frac{1}{\lambda} \int_o^e \frac{dx}{F_x}} \quad . \quad . \quad (4)$$

Ist $F_1 = F_2 = F_x = \text{Const} = F$, so wird

$$W = k\,(T - t)\,F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

worin

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{e}{\lambda}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

der sogenannte Transmissions-Koeffizient ist.

Setzt man aber die Flächeneinheit F = 1 und T — t = 1, so erkennt man leicht, daß k die Anzahl Wärmeeinheiten angiebt, welche stündlich durch den Quadratmeter der innern Begrenzungsfläche der Wand hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt. Der Wert von W wird groß, wenn λ_1, λ_2

und λ große Werte haben, d. h. wenn die Wärmeaufnahme und -Abgabe und die Wärmedurchleitung leicht von statten gehen.

a) Um den Transmissions-Koeffizienten für Mauerwerk zu bestimmen, beachte man, daß:

λ der Wert des Wärmeleitungs-Koeffizienten für gebrannte Steine = 0,7 aus Tab. IX zu entnehmen ist;

λ_1 und λ_2 stellen jeder die Summe $K + K_1$ (Gleichung (I) § 13) dar.

In der Regel ist nun für die innere Begrenzungsfläche die Wärmeaufnahme λ gleich dem Wärmeverlust an der Außenfläche λ_1. Denn aus Tabelle IV findet man für eine mit Tapete bespannte Wand

$$K = 3{,}77,$$

während der Strahlungskoeffizient für Ölfarbenanstrich der Außenfront

$$K = 3{,}71.$$

Der Wärmeverlust durch Leitung beträgt (nach Tabelle Va) im Mittel für beide gegenüberstehende Wandflächen 2,0, weil die Höhe der Etagen in der Regel zwischen 4 und 6 m schwankt. Es darf also für gewöhnliche Verhältnisse gesetzt werden:

$$Q = K + K_1 = \lambda_1 = \lambda_2,$$

und dadurch findet man den Wert des Transmissions-Koeffizienten

$$k = \frac{1}{\frac{2}{Q} + \frac{e}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{2\lambda + Qe}{Q\lambda}} = \frac{\lambda Q}{2\lambda + Qe}$$

und

$$W = \frac{\lambda . Q}{2\lambda + Qe} \cdot (T - t)$$

übereinstimmend mit Gleichung (6).

a) Der Wärmeverlust einer Backsteinmauer ist nun nicht allein von ihrer Dicke, sondern auch von ihrer Trockenheit oder Feuchtigkeit, ihrer Lage gegen herrschende Winde, sowie davon abhängig, ob die Wand frei steht oder geschützt ist, wie im Innern der Straßen. Da diese Faktoren schwer in Rechnung zu ziehen sind, nimmt Ferrini[1]) die Mauer äußerlich als durchnäßt an, innerlich als mit Tapeten bespannt. Nun findet man

1) für die innere Begrenzungsfläche den Strahlungs-Koeffizienten des Papieres (Tabelle IV)

$$K = 3{,}77.$$

Den Wert der Wärmeabgabe durch Kontakt darf man annehmen für mittlere Etagenhöhen annähernd:

$$K^1 = 2{,}23;$$

hiernach ist $K + K^1 = \lambda_1 = 6$.

2) Wenn die Außenfläche durchnäßt ist, findet man

$$K = 5{,}3$$

und wegen fortwährender Erneuerung der Luft durch Wind wird im Freien die Wärmeabgabe meist eine lebhaftere sein, so daß annähernd $K^1 = 2{,}7$, also

$$\lambda_2 = 8;$$

endlich finden wir nach Taballe IX für Backsteine

$$\lambda = 0{,}7$$

und durch Einführung der gefundenen Werte

$$k = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{e}{0{,}7}} = \frac{7}{24} + \frac{e}{0{,}7},$$

d. h. der Transmissions-Koeffizient für Backsteinmauern ist:

$$k = \frac{16{,}8}{4{,}9 + 24\,e}.$$

Die folgende Tabelle giebt für fortschreitende Werte von e die Transmissions-Koeffizienten gewöhnlicher Mauern.

Tabelle XII (nach Ferrini).[2])

Mauerdicke in Metern	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Transmissions-Koeffizient	2,30	1,73	1,39	1,16	0,99	0,87	0,77	0,70	0,63	0,58
Differenzen	—	0,57	0,34	0,23	0,17	0,12	0,10	0,07	0,07	0,05

b) Fenstertransmission. Hierbei nehmen wir den ungünstigen Fall an, nämlich die Außenfläche als „von Regen benetzt“. Wegen der geringen Dicke e der Glasscheiben kann man in der allgemeinen Formel des § 6

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{e}{\lambda}}$$

das Glied $\frac{e}{\lambda}$ vernachlässigen, so daß nur

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}}.$$

1) Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, deutsch von Schröter. Jena 1878.

2) Rinaldo Ferrini (S. 62), Nr. 41.

Für die Innenseite ist nun $K = 2{,}91$ und $K^1 = 2{,}09$,

$$\lambda_1 = 2{,}91 + 2{,}09 = 5.$$

Für die Außenseite ist wegen der Wasserschicht $K = 5{,}3$ und wegen fortwährender Erneuerung der Luft durch Wind $K^1 = 2{,}7$, also annähernd

$$\lambda_2 = 5{,}3 + 2{,}7 = 8,$$

$$\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{5} + \frac{1}{8} = \frac{13}{40}$$

und der Transmissions-Koeffizient der Fenster

$$k = \frac{40}{13}, \text{ d. h. sehr nahe } = 3.$$

Doppelfenster. Bezeichnet n die Anzahl der parallelen Gläser, so ist nach der Entwickelung von Ferrini der Transmissions-Koeffizient mehrfacher Glasscheiben:

$$k = \frac{1}{n\left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2}\right) + \frac{e}{\lambda}}.$$

Das Glied $\frac{e}{\lambda}$ kann wiederum vernachlässigt werden und man findet nach dem Vorstehenden

$$k = \frac{1}{n \cdot \frac{13}{40}} = \frac{40}{13 \cdot n}.$$

Daher der Transmissions-Koeffizient für Doppelfenster

$$K = \frac{40}{26} = 1{,}54.$$

Herrmann Fischer[1]) in seiner vortrefflichen Abhandlung über „Heizung und Lüftung der Räume" berücksichtigt bei Bestimmung der Transmission einfacher Fenster auch das Auftreten von Fensterschweiß an der Innenseite der Glasscheiben. Man darf dann, wegen einer Wasserschicht an der innern Begrenzungsfläche, auch setzen:

$K = 5{,}3$ und $K^1 = 2{,}21$ (Tabelle Va),

also

$\lambda_1 = 7{,}5$, während wie oben $\lambda_2 = 8$,

$$\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} = \frac{2}{15} + \frac{2}{16} = \frac{31}{120}$$

und der Transmissions-Koeffizient einfacher Fenster

$$K = 3{,}87.$$

Bei Doppelfenstern ist dagegen (wegen der ruhenden Luftschicht) Schweiß an der Innenseite nicht vorhanden, gleichwohl dürfte mit Rücksicht auf mangelhaftes Dichthalten zu setzen sein:

$$K = \frac{120}{2 \cdot 31}, \text{ d. h. nahezu } = 2.$$

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, 4. Bd., S. 48.

Diese Werte stimmen ziemlich gut überein mit den von Redtenbacher[1]) aufgestellten Erfahrungswerten.

c) Wagerechte Fenster (Oberlichter) werden von unten durch stets sich erneuernde wärmere Luftschichten, von oben durch kältere Schichten berührt. Schweißbildung tritt gar nicht oder selten ein. Nach Fischer ist zu setzen

$$K = 5{,}4.$$

d) Für äußere Thüren ist (bei einer durchschnittlichen Dicke von 4 cm) die Wärmeabgabe pro Stunde und Quadratmeter und 1° Temperaturdifferenz

für Eichenholz	für Tannenholz
$K = 2{,}2$	$K = 1{,}5$.

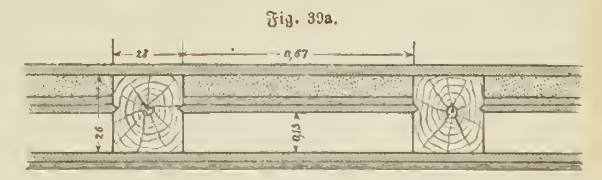
e) Es bleiben endlich noch die Werte von K für wagerechte, hohle Deckenkonstruktionen von Holz (gestakte Decken oder halbe Windelböden) zu bestimmen. Diese Verhältnisse hat H. Fischer sehr eingehend behandelt und rechnerisch entwickelt auf S. 54 des unten genannten Werkes. Hierbei wird zu unterscheiden sein:

a) Der Fall, wenn die betreffende Balkenlage oberhalb von kälterer, unterhalb von wärmerer Luft berührt wird, wie dies gewöhnlich bei den Deckenkonstruktionen des obersten Wohngeschosses, über welchem der Dachraum liegt, vorkommt, und

b) der Fall, wo das Umgekehrte stattfindet, d. h. bei Decken über Durchfahrten und solchen Decken, die zum Abschluß des Kellers gegen das beheizte Erdgeschoß dienen.

1. Fall. Gehört die Deckenkonstruktion (Fig. 39a) der erstern Art an, so wird der Wärmeübergang in den

Fig. 39a.



Balkenfeldern durch den Gipsputz auf Schalung wenig gehindert und die Leitung derjenigen Luftschicht, welche zwischen Schalung und Stakung eingeschlossen ist, fällt wegen deren Strömung sehr groß aus. — Der Wärmeübergang von den Stakhölzern in die darüber befindliche, 8—10 cm hohe Sand- oder Coaksaschenschicht kann nur durch Leitung stattfinden, wird aber wegen der innigen Berührung sehr entschieden wirken. Dasselbe findet da statt, wo die 3,5 cm starken Dielbretter auf dem Füllmaterial lagern. Wenn geringe Spielräume vorhanden sind, so wird hier Leitung und Strahlung gemeinschaftlich auftreten.

In Rücksicht hierauf fand Fischer den Transmissions-Koeffizienten der Abschlußdecke im Balkenfelde

$$K = 0{,}58.$$

1) Der Maschinenbau, II. Bd., S. 394.

Da, wo die 23 cm breiten Balken sich befinden, ist dagegen nur

$$K = 0{,}32;$$

folglich ist die durchschnittliche Zahl von Wärmeeinheiten, welche durch eine derartige Decke bei 1° Temperaturdifferenz pro Quadratmeter und Stunde übergeführt werden:

$$K = 0{,}5.$$

2. Fall. Befindet sich unter der vorbeschriebenen Decke die kältere, über derselben die wärmere Luft wie bei Kellerbalkenlagen über denen das beheizte Erdgeschoß, so fällt, wegen der nach unten liegenden Luftschicht, K etwa nur halb so groß aus als im ersten Falle, nämlich:

$$K = 0{,}3.$$

Da, wo Balken sich befinden, ist

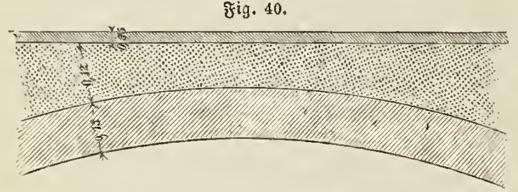
$$K = 0{,}35.$$

Die Durchschnittszahl für den Wärmeübergang ist

$K = 0{,}31$ Wärmeeinheiten.

3. Fall. Wird die Kellerdecke (Fig. 40) durch ein inkl. Putz 13 cm starkes Backsteingewölbe gebildet, über dem

Fig. 40.



sich eine, im Mittel 12 cm hohe Sandschüttung befindet, in welche die Lagerhölzer eingebettet sind, die den kienenen Fußboden tragen, so überführt jeder Quadratmeter der Decke für 1 Grad Temperaturdifferenz:

$K = 0{,}71$ Wärmeeinheiten.

Einschließungs-Konstruktionen anderer Art werden nach den vorhergehenden Beispielen zu berechnen resp. zu schätzen sein, solange dieselben zu beiden Seiten von Luft berührt werden.

Für gewöhnliche Fälle dürften die angegebenen, resp. die in Tabelle XIII und XIIIa zusammengestellten Zahlenwerte, die wir der Abhandlung von H. Fischer[1]) entlehnen, zur Berechnung des Wärmeaustausches freistehender lotrechter Wände genügen. Hierbei sind die üblichen Mauerstärken von Backsteinwänden, unter Hinzurechnung des Putzes auf beiden Seiten, zu Grunde gelegt.

Tabelle XIII. Werte der Transmissions-Koeffizienten von Backsteinmauern.

Wandstärke in Metern	0,14	0,27	0,40	0,53	0,66	0,79	0,92	1,05
Werte von K	2,31	1,66	1,27	1,03	0,86	0,74	0,66	0,59

1) Handbuch der Architektur, III. Teil, 4. Bd., S. 65.

Tabelle XIIIa. Transmissions-Koeffizienten von Bruchsteinmauern.

Wandstärke in Metern	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Werte von K	1,80	1,37	1,17	1,00	0,87	0,77	0,70	0,63

Fenster in den Frontwänden (vgl. S. 36).

Für einfache Fenster ist $K = 3{,}87$

„ Doppelfenster . . $K = 2{,}0$.

Transmissions-Koeffizienten von Deckenkonstruktionen.

Decken nach Art der Fig. 39, 1. Fall $K = 0{,}5$
Decken nach Art der Fig. 39, 2. Fall $K = 0{,}31$
Decken nach Art der Fig. 40 . . . $K = 0{,}71$
Wagerechte Glasdecken (Oberlichte) . $K = 5{,}4$
Doppelte Oberlichte . . . . . . $K = 2{,}6$.

§ 17.

Wärmeverlust bewohnter Räume.

Bevor die Transmission durch Wände, Fenster, Fußboden und Decke bei ununterbrochener Heizung und im Beharrungszustande der Erwärmung bestimmt wird, haben wir noch zu untersuchen: welche von den umschließenden Flächen Wärmeverluste bedingen und wie hoch die Temperaturdifferenz $T - t$ für verschiedene Gebäudegattungen in Rechnung zu stellen ist.

Als Transmissionsflächen sind folgende anzusehen:

1) alle Umschließungswände des Gebäudes, welche mit der atmosphärischen Luft einerseits und mit der Luft der zu heizenden Räume andererseits in Berührung stehen, also Frontwände, Giebel und die Wände und Decken offener Durchfahrten;
2) die Scheidewände und Decken zwischen Räumen, von denen der eine geheizt wird, der andere nicht;
3) die Fußböden des untersten Geschosses;
4) die Decken des letzten Geschosses, soweit dasselbe geheizt wird.

Scheidewände und Zwischendecken, welche Räume trennen, die beide gleich stark oder beide nicht geheizt werden sollen, bleiben bei der Rechnung außer Betracht.

Als Temperatur der äußern Luft an kalten Wintertagen wird das Minimum des kältesten Monats in Rechnung zu stellen sein, denn gute Heizapparate müssen im allgemeinen ihren Zweck noch für die niedrigste Außentemperatur erfüllen; für höhere Temperaturen hat man nur die Thätigkeit des Apparates zu mäßigen.

Die mittlere Monatstemperatur des Januar, welche für diesen Zweck nicht maßgebend ist, beträgt

für Berlin — $1,_{90}{}^0$ R., für Karlsruhe — $0,_{14}{}^0$ R.

Dagegen betrug die größte Abweichung von der Mitteltemperatur des Januar:

für Berlin — $14,_{28}{}^0$ R., für Karlsruhe — $9,_{68}{}^0$ R.

Hieraus folgt als Minimum des kältesten Monats:

Berlin — $16,_{18}{}^0$ R. = — $20,_1{}^0$ C.
Karlsruhe — $9,_{82}{}^0$ R. = — $12,_2{}^0$ C.

Sieht man von außergewöhnlichen Schwankungen ab, so dürfte für den Norden Deutschlands t = — 15° und für Süddeutschland t = — 10° als angemessen in Rechnung zu stellen sein.

Die Temperatur der zu erwärmenden Räume beträgt:

für Wohnungen . . . . . T = 15—18° C.
„ Hörsäle, Versammlungssäle T = 15°,
„ Kirchen . . . . T = 10—15°,
„ Schulen . . . . T = 16—18°,
„ Strafanstalten . . . . T = 12°,
„ Krankenhäuser . . . . T = 15—20°,
„ Treibhäuser . . . . . T = 20—25°.

Nach diesen Angaben wird die Temperaturdifferenz T—t auf 30—35° C., seltener nur = 40° anzunehmen sein.

Zahlenbeispiel. Es soll der Wärmeverlust eines Krankenzimmers berechnet werden, wenn bei kontinuierlicher Heizung eine Erwärmung auf 20° C. verlangt und die Temperatur der Luft an kalten Wintertagen zu 10° angenommen wird. Die Lage des Zimmers ist der Art, daß drei Seiten Transmissionsflächen bilden und die vierte an ein geheiztes Zimmer stößt; die 51 cm starken Mauern bestehen aus Backstein.

Tiefe des Zimmers . . . . 5 m
Breite desselben . . . . 6 m
Höhe desselben . . . . 4 m
Fensterfläche . . . . 4 qm
Die transmittierenden Umfassungswände, exkl. Fenster, betragen [2 × 5 + 6] 4—4 . . . 60 qm
Die Fläche des Fußbodens und der Decke je . 60 qm.

1) Der Wärmeverlust durch die Decke bei T — t = 25° ist für K = $0,_5$ = 25 . 60 . $0,_5$. 750 W.-E.
2) Durch den Fußboden 15° . 60 . $0,_{31}$ . . . 279 „
3) Durch Umfassungswände für K = $1,_{03}$ 30° . 60 . $1,_{03}$ . . . . 1854 „
4) Durch 4 qm einfache Fenster 30 . 4 . $3,_{87}$. 464 „
Summa des stündl. Wärmeverlustes rot. = 3347 W.-E.

§ 18.

Einfluß äußerer Temperaturveränderungen auf die Transmission der Mauern.

Bisher wurde die innere und äußere Temperatur bei kontinuierlicher Heizung als konstant angenommen. — Während nun bei der Heizung die innere Temperatur in der Regel nicht wechselt, unterliegt doch die Transmission immer dem Einfluß des Temperaturwechsels. Dieser Wechsel wird hervorgerufen:

1) durch die allgemeine Abnahme der mittleren Monatstemperaturen im ersten Teil und die Zunahme derselben in der zweiten Hälfte des Winters und
2) durch die zufälligen Veränderungen, d. h. die Abweichungen von der mittlern Monatstemperatur.

In unserem Klima findet die Heizung in der Regel vom Oktober bis Ende April statt. Die mittlere äußere Monatstemperatur während dieser sieben Monate ist für einige Hauptstädte in Réaumur'schen Graden hier zusammengestellt.[1])

ad 1) Die mittlere Temperatur der sieben Heizmonate beträgt für Berlin beinahe 3° und die mittlere Temperaturdifferenz T — t = 13° (wenn bei kontinuierlicher Heizung T = 16° angenommen wird). — Sind dann alle Mauern des zu heizenden Raumes der Luft ausgesetzt, so wird der Einfluß der Temperatur-Abweichungen sich am stärksten fühlbar machen. Die pro Quadratmeter und Stunde transmittierte Wärmemenge beträgt für $0,_{52}$ m starke Umfassungen nach Tabelle XI

$1,_{03}$. 13 = $13,_{39}$ Wärmeeinheiten

und die totale, während der Dauer von 200 Heiztagen bei

1) Mittlere Monatstemperatur in Réaumur'schen Graden.

	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April
Berlin	7,97	3,25	1,32	— 1,90	— 0,15	2,74	6,88
Karlsruhe	8,33	4,24	1,58	— 0,14	+ 1,97	4,57	8,36
Wien	8,54	3,71	0,46	— 1,21	+ 2,68	3,91	8,82

kontinuierlicher Feuerung transmittierte Wärme pro Quadratmeter:

$$13,_{39} \times 200 \times 24 = 64272$$ Wärmeeinheiten.

In dem Mauerwerk der 0,52 m starken Umfassungswand sind bei 16° Innentemperatur eingeschlossen pro Quadratmeter[1]):

$$1000 \times 0,_{52} \times 1,_{98} \times 0,_{21} \times 16^0 = 3459$$ W.-Einh.

oder 5,4 Proz. der während der ganzen Heizperiode transmittierten Wärme. Wir können daraus folgern:

> daß die Wärmemengen, welche bei der allgemeinen Temperaturabnahme vom Mauerwerk ausgestrahlt und bei Zunahme derselben absorbiert werden, nur einen schwachen Einfluß auf die Transmission haben können, wenn die Heizung sonst nicht unterbrochen wird, daß dagegen in höherem Grade die Variationen des Thermometers durch die Glasscheiben auf die geheizte Piece einwirken, weil die Scheiben beinahe augenblicklich eine Mitteltemperatur annehmen, welche zwischen den Temperaturen T und t liegt (§ 14).

Sonach steuern die Mauern eine gewisse Quantität Wärme bei, wenn die äußere Temperatur sinkt und sobald sie sich zum ursprünglichen Standpunkt erhebt — absorbieren sie dieselbe Menge Wärme, und zwar derart, daß das zur Hervorbringung einer konstanten inneren Temperatur nötige Wärmequantum weniger schnell variiert, als der Gang des Thermometers im Freien, denn Gewinn und Verlust gleichen sich allmählich aus.

ad 2) Bei schroffen Schwankungen der Temperatur sind die Phänomene, welche sich innerhalb der Umfassungswände vollziehen, noch komplizierter, aber unter der Voraussetzung, daß die Temperatur der Mauern auch jetzt gleichmäßig von außen nach innen zunimmt, lassen sie sich verfolgen und beurteilen.

Betrachten wir z. B. die Mauern eines Raumes mit nur einer der Luft ausgesetzten Wand. Wenn $T = 15^0$, $t = 6^0$, $\lambda = 1,_{70}$ und $e = 0,_{50}$ ist, dann findet man (nach Péclets Formel 6) $\tau_1 = 12,_{56}^0$, $\tau_2 = 8,_{99}^0$ und $W = 16,_{23}$ Wärmeeinheiten. Sinkt die Temperatur der äußern Luft nun von 6° auf 0°, so geben die Formeln andererseits:

$\tau_1 = 10,_{87}^0$; $\tau_2 = 4,_{12}^0$ und $W = 22,_{93}$ Wärmeeinheiten.

Während des Überganges der Mauern aus einem Zustande zum andern sinkt deren mittlere Temperatur von $\frac{12,_{56}^0 + 8,_{99}^0}{2}$ auf $\frac{10,_{87}^0 + 4,_{12}^0}{2}$ oder von $10,_{77}^0$ auf $7,_{49}^0$ und die Quantität der durch das abgekühlte Kalkstein-Mauerwerk pro Quadratmeter verlorenen Wärme beträgt:

$$1000 \,.\, 0,_5 \times 2,_{22} \times 0,_{21}\,[10,_{77} - 7,_{49}] = 382$$ W.-Einh.

Diese Abkühlung wird so viel Zeit erfordern, als wenn die Temperatur der äußern Fläche bei gleichmäßiger Abnahme

$$\frac{8,_{99}^0 + 4,_{12}}{2} = 6,_{55}^0$$

wäre. Im letzteren Falle beträgt aber die stündliche Transmission nur

$W = 11,_8$ W.-Einheiten pro qm;

die Abkühlung der in Frage stehenden Wand vollzieht sich demnach erst in einer Zeit von

$$\frac{382}{11,_8} = 32$$ Stunden.

Man ersieht hieraus, daß die äußeren Temperaturschwankungen in einem nur von Mauern umschlossenen Raume sich sehr langsam und sehr abgeschwächt auf das Innere übertragen. Aber da die Räume doch auch Fenster haben und das Glas fast augenblicklich die Mitteltemperatur zwischen innen und außen annimmt, so bedarf es zur Erhaltung einer konstanten Temperatur im Inneren einer vermehrten Wärmeproduktion, welche mit der äußern Temperaturabnahme Schritt hält, und um so mehr, je größer die Fensterflächen im Verhältnis zur festen Frontwand sind.

Hat z. B. der vorgenannte Raum eine transmittierende Umfassungswand mit 4 qm Fensterfläche und 8 qm Mauerfläche von 0,5 m Dicke, beträgt wie oben $T = 15^0$ und $t = 6^0$, dann ist die totale Transmission der Fenster von 2 m Höhe nach Tabelle X und Formel (11) § 15

$$2,_{56} \times 9^0 \times 4 = 92,_{16}$$ W.-Einheiten

und diejenige der Mauern:

$$16,_{23} \times 8 = 129,_8$$ W.-Einheiten.

Sobald aber die Temperatur der Luft von 6° auf 0° sinkt, dann steigt die Transmission durch die Fenster sofort auf

$$2,_{56} \times 15 \times 4 = 153,_6$$ W.-Einheiten

und übertrifft diejenige der Mauern, bei denen der Wärmeverlust nur langsam steigt, nämlich in 32 Stunden auf:

$$22,_{93} \times 8 = 183,_4$$ W.-Einheiten.

Also die Gläser üben bei Schwankungen der äußern Temperatur einen stärkeren Einfluß auf die zur Erhaltung einer konstanten Temperatur von 15° erforderlichen Wärmemengen aus als die Mauerflächen, wenigstens da, wo die Mauern nicht unter 1½—2 Stein stark und die Fenster nicht zu klein angelegt sind.

1) Um die Anzahl der in einem Körper bei t° eingeschlossenen Wärmeeinheiten zu finden, ist dessen absolutes Gewicht mit seiner spezifischen Wärme zu multiplizieren. Die spezifische Wärme der Bausteine ist = 0,21; ihr spezifisches Gewicht = 1,98 (Tab. IX).

Intermittierende Heizung.

§ 19.

Ununterbrochene Heizung, wie sie in den vorstehenden Paragraphen vorausgesetzt wurde, kommt nur in wenigen Fällen vor (in Krankenhäusern, Fabriken mit ununterbrochenem Betriebe, Pflanzenhäusern). In Wohnräumen wird die Heizung gewöhnlich bei Nacht unterbrochen und in Hörsälen, Versammlungssälen, Theatern findet sie nur während einer begrenzten Zeit statt. Bei derartiger Heizung mit Unterbrechung treten Beharrungszustände nicht ein, sondern die Mauertemperatur und die Temperatur des Raumes wird mit der Zeit variabel. Während der Heizung wächst die Temperatur im Raume und dadurch werden die Wände erwärmt; wenn nicht geheizt wird, erkalten die Mauern und die Temperatur des Raumes nimmt nach einem bestimmten Gesetz ab.

Ferrini[1]) hat auch diese thermischen Zustände analytisch untersucht, um Regeln aufzustellen, durch welche die von einem Heizapparat zu liefernde Wärmemenge für alle Fälle berechnet werden könne. Solche zum Teil verwickelte analytische Rechnungen liegen der Tendenz dieses Werkes fern und begnügen wir uns daher für praktische Zwecke mit der Registrierung einiger allgemeinen Resultate.

I. Wenn ein Raum am Ende einer Heizperiode keine Wärme mehr empfängt, so kühlt er sich binnen kurzer Zeit auf die Temperatur der inneren Mauerflächen ab und von nun an müssen die Mauern die Wärme liefern, welche im weitern Verlauf durch die Transmission der Fenster verloren geht. Die in den Mauern enthaltene Wärmemenge wird dann durch beide Seiten derselben ausgestrahlt. In der That zeigt die Rechnung, daß in der Stillstandsperiode des Heizapparates für $T = 15^0$ und $t = 0^0$, $\tau_1 = 12{,}8^0$ ist und daß die innerhalb 24 Stunden verlorene Wärmemenge gleich ist dem Verlust durch die Fensterscheiben, vorausgesetzt, daß die innere Lufttemperatur T_0 während der Abkühlungsperiode gleich der Anfangstemperatur τ_1 der Innenseite des Mauerwerks gewesen sei.

II. Räume, welche mit Kachelöfen geheizt werden, erhalten — trotz des Erlöschens des Feuers — doch noch für eine längere Dauer die Wärme dadurch, daß die erhitzte Thonmasse, welche aus den Brennstoffen einen großen Teil Wärme aufgenommen hat, sich allmählich abkühlt. In solchen Fällen verstreicht eine längere Zeit, bis der Raum die Temperatur der Innenfläche der Mauern angenommen hat; die letzteren haben also während einer kürzern Zeit die Wärme zu ersetzen, welche durch die Fenster hindurch verloren geht, ihre Temperaturerniedrigung in der Stillstandsperiode wird daher geringer sein, als im ersten Falle.

1) Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, Nr. 187—190.

Empirische Koeffizienten.

Für praktische Zwecke genügt es in der Regel, daß man die Wärmeverluste der Art berechnet, als wenn kontinuirliche Heizung eingerichtet und der Beharrungszustand erreicht oder fortdauernd vorhanden wäre. Die für den Beharrungszustand berechnete Anzahl der Wärmeeinheiten multipliziert man dann bei intermittierender Heizung mit einem angemessenen empirischen Koeffizienten φ. Redtenbacher nimmt an:

1) für kontinuierliche Heizung bei Tag und Nacht $\varphi = 1$;
2) für kontinuierliche Heizung bei Tag und Unterbrechung bei Nacht $\varphi = 1{,}2$;
3) wenn nur einzelne Stunden geheizt werden soll, $\varphi = 1{,}5$ bis $2{,}0$.

Mittels vorstehender Erfahrungs-Koeffizienten kann der Wärmeverlust eines Raumes auch bei intermittierender Heizung gefunden und danach die Größe der Heizfläche hinreichend genau für Zwecke der Praxis bestimmt werden, wie folgende Zahlenbeispiele ergeben:

Beispiel I. In § 17 ist der Wärmeverlust eines Krankenzimmers unter Annahme von kontinuierlicher Heizung bestimmt worden. Wenn die Heizung während der Nacht fortfällt, so hat man für Heizung bei Tage zu setzen $\varphi = 1{,}2$, d. h. die für kontinuierliche Heizung gefundenen Resultate sind mit 1,2 zu multiplizieren und man findet:

Gesamtwärmeverlust $3347 \times 1{,}2 =$ rot 4016 W.-Einh.

Beispiel II. Ein Zeichnensaal soll während einzelner Tagesstunden mit eisernen Öfen geheizt werden; zwei Langseiten und eine Schmalseite bilden Abkühlungsflächen, die vierte Seite stößt an einen geheizten Vorraum. Die Decke ist geschützt.

Dimensionen:
Länge des Saales . . 15 m, Breite 10 m, Höhe 5 m,
Die Mauerstärke beträgt 0,50 m,
Fensterzahl = 8 bei 1,5 m Breite und 3 m Höhe,
Temperaturdifferenz . . 30°,
Koeffizient φ . . . . 1,5.

Die transmittierende Mauerfläche enthält:

(2 . 15 + 10) 5 = . . .	200 qm.
Hiervon die Fenster mit	36 „
also 2 Stein stark Mauer .	164 qm.

Die Wärmeverluste sind, wenn wir die von Fischer gefundenen Werte benutzen, folgende:

Vom Fußboden $150 . 0{,}31 \times 30 \times 1{,}5 =$	2092 W.-Einh.
Durch die Wände $164 . 1{,}03 \times 30 \times 1{,}5 =$	7601 „
Durch die Fenster $36 . 3{,}87 \times 30 \times 1{,}5 =$	6269 „
Summa der Wärmeverluste	15962 W.-Einh.

Viertes Kapitel.

Heizungsanlagen in Gebäuden.

§ 20.

Vorbemerkungen.

Die Heizung von Wohnräumen hat den Zweck, in denselben einen angemessenen Temperaturgrad zu erzeugen. Es bedarf dessen, um den Wärmeverlust auszugleichen, welchen der Mensch durch die Ausscheidungen seines Körpers und die Differenz einer ihn umgebenden niedrigern Temperatur erleidet. Der menschliche Körper hat nämlich eine nahezu konstante Temperatur von 36—38° C., die umgebenden Medien sind aber in der Regel kälter: infolgedessen findet ununterbrochen eine gewisse Wärmeabgabe durch Strahlung von der freien Oberfläche und durch Leitung statt. Auch die Wasserverdunstung durch Haut und Lungen, welche in 24 Stunden 800—1000 g beträgt, bedingt einen erheblichen Wärmeverlust (Seguin).

Bis zu einem gewissen Grade kann dieser Wärmeverlust durch entsprechende Kleidung und hinreichende Ernährung ausgeglichen werden; sind aber die Differenzen bedeutend, so verlangt der Körper eine künstliche Erwärmung der umgebenden Luftschichten.

Der für gesunde Personen erforderliche Wärmegrad schwankt nun nach Lebensalter, Gewohnheit und Art der Beschäftigung nicht unerheblich (zwischen 10 und 20° C.). Für Krankenzimmer wird im allgemeinen eine möglichst gleichmäßige Temperatur von 18° C. = 15° R. als geeignet empfohlen.[1]) Auch bei ruhigem Verhalten im Zimmer variieren die Grenzen des individuell Behaglichen, doch dürfte als Normaltemperatur etwa 15—16° C. festzusetzen sein. In Werkstätten, Turnsälen u. dergl. Lokalen, worin Personen sich in fortwährender, ermüdender Bewegung befinden, kann man bis auf 10° C. hinabgehen.

Zur Erwärmung der Zimmerluft wird, wie in § 4 gezeigt wurde, die Verbrennungswärme verschiedener Brennmaterialien benutzt. Ein Teil der von dem glühenden Brennstoff entwickelten Hitze wird hierbei an die Umgebung ausgestrahlt. Das Verhältnis zwischen dieser ausgestrahlten und der, bei vollkommener Verbrennung entwickelten, Wärmemenge wurde der Strahlungs-Koeffizient genannt. Péclet fand denselben für Holz = 0,25, für Steinkohlen 0,50 und für Coaks 0,55. Am größten ist das Strahlungsvermögen der Brennstoffe, welche ohne Flamme brennen.

1) Roth und Lex, Handbuch der Militär-Gesundheitspflege. I. Band.

Die aus dem Brennmaterial entwickelte Wärme kann nun entweder direkt an die Zimmerluft übertragen werden — wie bei der Kaminheizung —, oder es wird eine leitende Substanz eingeschaltet, welche die entwickelte Wärme in sich aufnimmt und an die kältere Luft des Raumes abgiebt. Dieser Vorgang findet bei der Ofenheizung statt. Befindet sich dabei der Feuerraum in dem zu erwärmenden Lokale und überträgt er die Wärme durch Strahlung oder Leitung von seinen Wänden aus, so nennt man dies Lokalheizung, im Gegensatz zur Centralheizung, wobei der Feuerherd sich außerhalb des zu heizenden Raumes befindet und die Wärme durch ein in Bewegung gesetztes Medium (Luft, Wasser oder Dampf) an ihren Verwendungsort geleitet wird.

Zu den Centralheizungen rechnet man:

die Luftheizung,
die Wasserheizung,
die Dampfheizung,
die Dampfwasserheizung.

Die Kaminheizung und die Heizung mit Zimmeröfen gehören zu den Lokalheizungen und sollen hier zunächst besprochen werden.

§ 21.

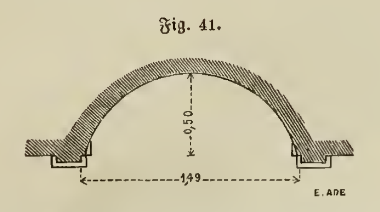
I. Die Kaminheizung.

Die älteste Form des Kamines war der bedeckte Herd. Dieser primitive Kamin bestand aus einer Nische in der Mauerdicke, seitlich durch Mauerpfeiler eingerahmt und überdeckt durch einen, auf Auskragungen ruhenden Mantel von rundlicher oder eckiger Form, der die Abführung des Rauches nach dem Schornstein vermittelte und in diesen überging. Das Brennmaterial wurde auf eisernen Böcken aufgelagert und bestand stets aus Holz. — Bei dieser Heizmethode handelte es sich also fast lediglich um eine Ausnutzung der strahlenden Wärme des Brennstoffes, welchen Vorgang die Natur am reinsten zeigt. Die Sonnenstrahlen erwärmen nämlich die Körper stärker als die sie umgebende Luft, und dabei wird jede Verunreinigung der Atmosphäre vermieden.

Geschichtliches. Im Altertum scheint man, soweit die Ausgrabungen im Pompeji darauf schließen lassen, diese Heizmethode nicht angewandt zu haben. Dagegen wird berichtet: daß im Zeitalter des Augustus die Wärme unterirdischer Heizungen durch vertikale Röhren in der Mauer

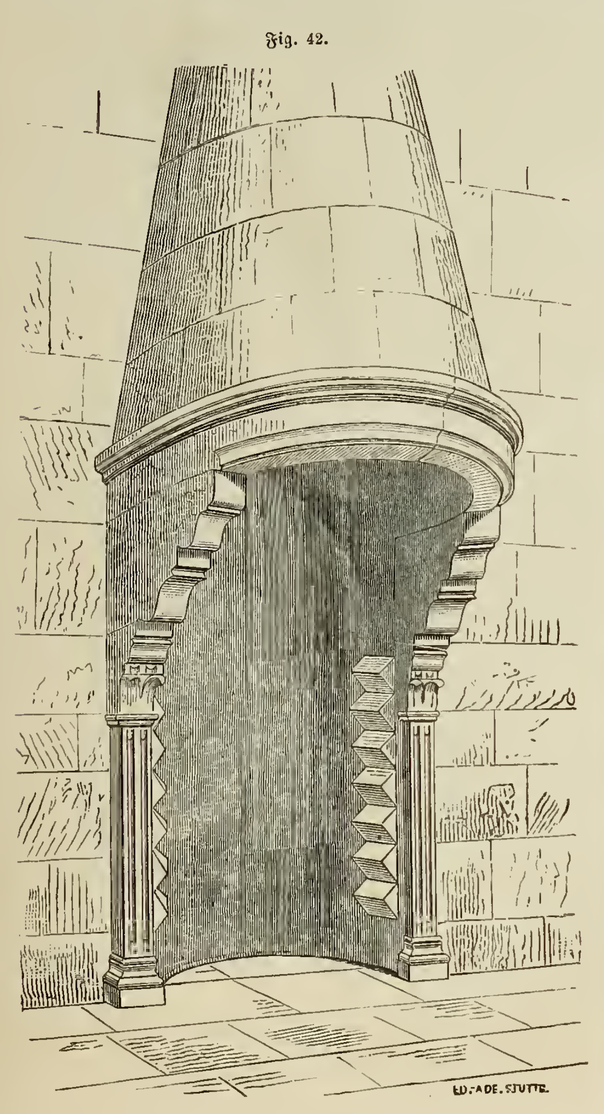
in die obere Etage geleitet wurde. Ein solcher Apparat zur Erwärmung hieß hypocaustum und bildete nach unserer Bezeichnung eine Art Kanalheizung. Diese Hypokausten wurden von den Römern auch in Deutschland eingeführt, um sich ihre Häuser im nordischen Klima während des Winters behaglich zu machen.

Fig. 41.



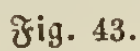
Im frühen Mittelalter erwärmte man das Innere der Häuser entweder durch tragbare Kohlenbecken — wie im Süden noch jetzt gebräuchlich —, oder man hatte, wenigstens in Deutschland, den offenen Herd, an dem jung und alt

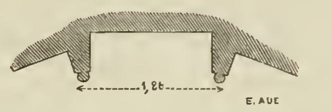
Fig. 42.



sich erwärmte. Eine weitere Ausbildung des offenen Herdfeuers, im Fortschritt des Wohnhausbaues, ist der Kamin.

Diese ältesten Kamine haben gewöhnlich kreisförmigen Grundriß, wie nebenstehendes Beispiel aus dem Amtszimmer der Chorschule bei der Kathedrale Puy-en-Velai aus dem XII. Jahrhundert zeigt (Fig. 41). Die Seitenpfeiler und der Mantel des Kamines sind hier in Schnittstein ausgeführt und geradlinig überdeckt; häufiger wurden sie gegen vorspringende Dienste eingewölbt. Die Rückwand wurde dagegen meistens in Backstein errichtet, um dem Feuer besser Widerstand leisten zu können. Der Grundriß, dessen Dimensionen immer noch mäßige sind, wird im Ausgang des XII. Jahrhunderts oft rechteckig gestaltet (Fig. 43); selten ist der Kaminkörper und dem entsprechend auch der Schornstein an innere Scheidemauern, häufiger gegen Giebel- oder Frontwände gelegt.

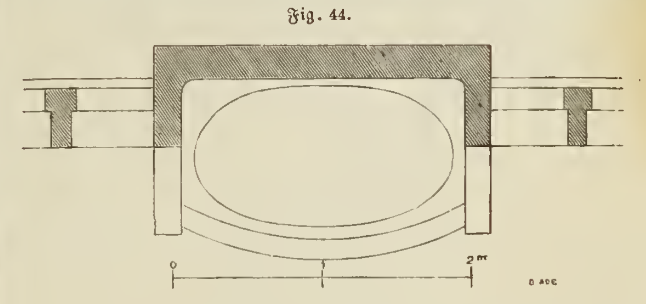

Fig. 43.



Wenn auch diese nicht stark genug waren, um den mächtigen Schornstein aufnehmen zu können, so wurde der Aufbau des Kamines mehr oder weniger nach außen vorspringend angelegt.[1])

In einem Hause der Stadt Cluny liegt derselbe (Fig. 44) sogar erkerähnlich vorspringend in der Front des Hauses und dicht zu beiden Seiten desselben schließen sich Fenster an. Der ausgekragte Mantel ist im Grundriß oval und verengt sich nach oben zu einem kreisrunden Schornstein.

Fig. 44.



Im XIII. Jahrhundert nehmen die Dimensionen der Feuerstätten erheblich zu. Wenn es sich insbesondere um die Erwärmung großer Räume handelte, wurden Kaminherde von solcher Größe angelegt, daß Holzblöcke von 2 m Länge und darüber auf denselben verbrannt werden konnten. Bei so intensivem Feuer wurde auch der Aufenthalt in den weiten Sälen der Burgen ein angenehmer, wenn sich am Abende die Familie des Schloßherrn und die Dienerschaft des Hauses um den Kamin versammelte.

1) Beispiele bei Violet le Duc, Diction. de l'arch. Tome III, p. 197. Vgl. auch Fig. 44.

Zum Zweck einer gleichmäßigen Erwärmung größerer Säle sah man sich aber genötigt, mehrere Kamine anzulegen, oder es wurde ein Herd von großer Breite in zwei Abteilungen gebracht und jeder Abteilung ein Schornstein zugewiesen. Im großen Sale des Schlosses von Poitiers liegen sogar an der Giebelfront drei Kamine nebeneinander, deren Schornsteine getrennt zwischen den Pfosten der Fenster aufsteigen.[1])

Fig. 45.

Beispiele von seltenem Reichtum und hoher Eleganz der Konstruktion enthalten endlich die Schlösser der Renaissanceperiode. Eine Anzahl derselben aus der Zeit Franz I., Heinrich II. und Heinrich III. sind durch César Daly[2]) publiziert.

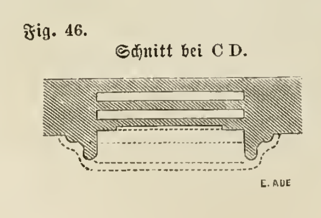
Außer diesen mächtigen, mit reichem plastischem Schmucke versehenen Kaminen der Prunkzimmer kamen auch solche von geringerer Dimension und einfacherer Ausstattung in den Schlössern der Renaissanceperiode vor.

Seit dem XVII. Jahrhundert schränkte man endlich, veranlaßt durch die Stilrichtung der Zeit, die großen Dimensionen der Kamine ein und setzte an Stelle des Hausteines ein eleganteres Material, den Marmor, der auch heutigen Tages mit Vorliebe zu Kamineinfassungen verwandt wird.

Der Schornstein. Im Mittelalter bildet derselbe in runder oder oblonger Grundform die Fortsetzung des Kaminmantels. Sollten nun mehrere übereinander liegende Zimmer durch Kamine geheizt werden, so stellte man auch die Heizkörper vertikal übereinander (Fig. 45) und gab jedem derselben zur Vermeidung des Rauchens sein eigenes Schornsteinrohr, das in diesem Falle nach Fig. 46 sehr oblong ausfiel. Die trennende Wange wurde von Backstein 15 bis 20 cm stark hergestellt, und zum Schutz des schwachen Mauerwerks gegen die Wirkung des Feuers wurde regelmäßig an der Rückwand der Kaminöffnung eine viereckige, gußeiserne Platte, welche nicht selten Reliefs erhielt, vorgesetzt und bündig im Mauerwerk befestigt. Fig. 47 zeigt die über Dach tretende Endigung eines „aus drei Rauchröhren bestehenden" Schornsteinkastens.

Fig. 46.

Schnitt bei A B.



Schnitt bei C D.

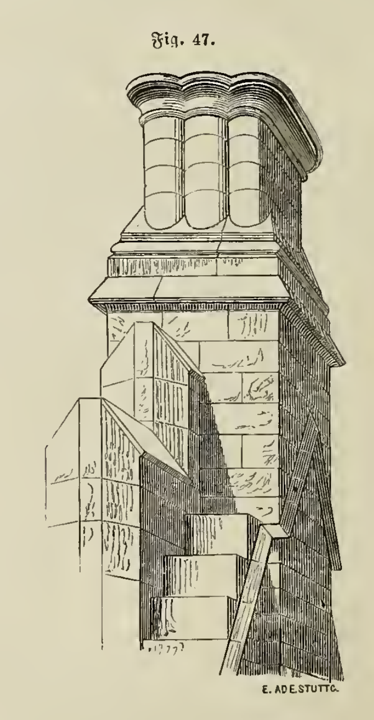


Fig. 47.

Im allgemeinen sind alle diese Schornsteine von übermäßiger Größe: die Luftabführung ist daher eine sehr bedeutende und der Strom kalter Luft, welcher von außen her durch die Saugwirkung des Schornsteins nach dem Kamin gezogen wird, kühlt das Zimmer dergestalt ab, daß nur ein sehr geringer Teil der produzierten Wärme nutzbar gemacht werden kann. Dabei wird der vor dem Kamin Sitzende durch unerträglichen Zug belästigt. Ferner ist — wegen des großen Kamindurchmessers — die Geschwindigkeit der Gase im Rauchkanal eine so geringe, daß bei Windstößen leicht doppelte Luftströmungen entstehen, wobei die kalte Luft auf einer Seite des Rohres hinab, der Rauch auf der andern hinaufsteigt. Da nun beide Ströme nicht getrennt sind, wird der absteigende Strom leicht eine Quantität Rauch mit in das Zimmer stoßen, und je dichter die Fenster und Thüren schließen, desto beträchtlicher ist dieser Einfluß.

Man hatte daher schon im vorigen Jahrhundert die großen Dimensionen der Kamine und Schornsteine verlassen.

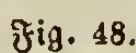
1) Violet le Duc, Diction. de l'arch. Tome III, p. 203.
2) César Daly, Motifs historiques. Décor. intérieures.

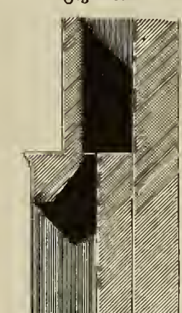
§ 22.

Verbesserte Kamine.

Der erste Physiker, der sich mit Verbesserung der Kamine und mit Ermittelung des Wärmeeffektes der Brennmaterialien beschäftigte, war der Graf Rumford. Er verringerte die Tiefe des Kamins, schrägte dessen Seitenwandungen unter einem Winkel von 45° ab und verringerte gleichzeitig die Abzugsöffnung für den Rauch bis auf eine Breite von 0,15 m. Die Vorteile solcher Konstruktion liegen auf der Hand.

1) Infolge der ins Zimmer vorgerückten Brennstätte und der abgeschrägten Wandungen dringt eine größere Menge Wärme in den zu heizenden Raum.


Fig. 48.



2) Der Zug im Schornstein wird durch die Verengung des Kanals vermehrt, ein kräftigerer Luftwechsel befördert und die Verbrennung eine lebhaftere.

3) Die Temperatur des Rauches ist eine höhere, weil weniger unverbrannte Luft entweichen kann.

4) Doppelte Strömungen im Schornstein kommen nicht leicht vor, denn die Öffnung für den Abzug des Rauches ist verengt.

Diese Kamine sind bekannt unter dem Namen der Rumford'schen Kamine und auf Fig. 48 dargestellt.

L'homond fügte der Disposition von Rumford eine, in Falzrahmen bewegliche, dreiteilige eiserne Platte mit Gegengewicht hinzu, wodurch der Luftzug nach Belieben geregelt werden kann. Es läßt sich auf diese Weise fast der ganze Luftstrom dicht über das Brennmaterial hinleiten und dadurch der Effekt steigern. Der Kamin von L'homond (Fig. 49, 50) ist in Paris auch heute noch vielfach in Gebrauch.

Was nun den Betrag an strahlender Wärme anbelangt, so hat Péclet durch Versuche festgestellt: daß durch die Öffnung eines gewöhnlichen, gut eingerichteten Kamines nur 25 Proz. der überhaupt durch Strahlung entwickelten Wärme in das Zimmer gelangen. Da nun der Strahlungs-Koeffizient für Holz 0,25 beträgt, so ist die im Zimmer nutzbar gemachte Wärme für Holzfeuerung = 0,06. Ebenso folgt, wenn das Strahlungsvermögen der Steinkohlen = 0,50, und der Coaks = 0,55, daß demgemäß die im Zimmer nutzbar gemachte strahlende Wärme

für Steinkohlen = 0,12,
„ Coaks . . = 0,14.

Fig. 49.

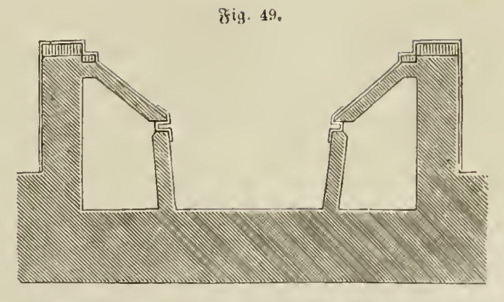


Fig. 50.

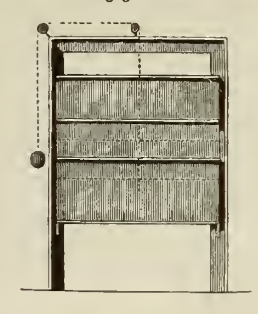


Fig. 51.

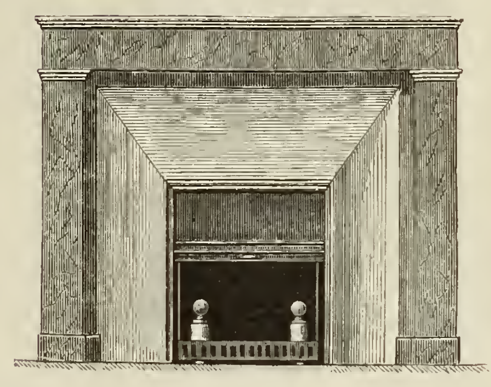
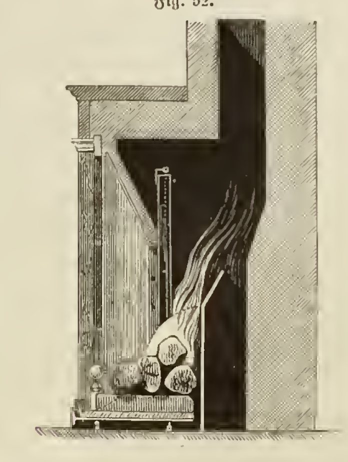


Fig. 52.



In betreff des Schornsteinquerschnittes kam Péclet nach Versuchen an Kaminen verschiedener Konstruktionen zu dem Ergebnis: daß in bedeckten Herden das Volumen der zugeführten Luft mindestens 100 cbm pro Kilogramm Holz

beträgt und daß eine Schornsteinöffnung von 0,20—0,25 m Durchmesser fast immer ausreichend für Kaminschornsteine ist.

Abweichend hiervon verlangt Morin in seinem Manuel de la Vent. et du chauff. bedeutend größere Dimensionen der Schornsteine.[1])

Kamin von Bronsac. Dieser Konstrukteur setzte in den Kamin von L'homond einen auf vier Rollen beweglichen Feuerherd (Fig. 51 und 52), der beim Anzünden in den Fond des Kamines gerückt wird. Nach erfolgtem Anbrennen schiebt man den beweglichen Herd soweit ins Zimmer vor, als ohne Rauchentwickelung statthaft ist, und es läßt sich dadurch der Effekt bis zu 20 Proz., d. h. bis zum doppelten der gewöhnlichen L'homond'schen Kamine steigern.

Bei den neueren Kaminkonstruktionen hat man fast durchgängig Brennmaterialien mit einem hohen Strahlungsvermögen ins Auge gefaßt, also namentlich Steinkohle, Anthracit und Coaks. Hierbei muß der Brennstoff auf einem Rost verbrannt werden, um der Luft auch von unten her Zutritt zu den glühenden Schichten zu gestatten.

Fig. 53.

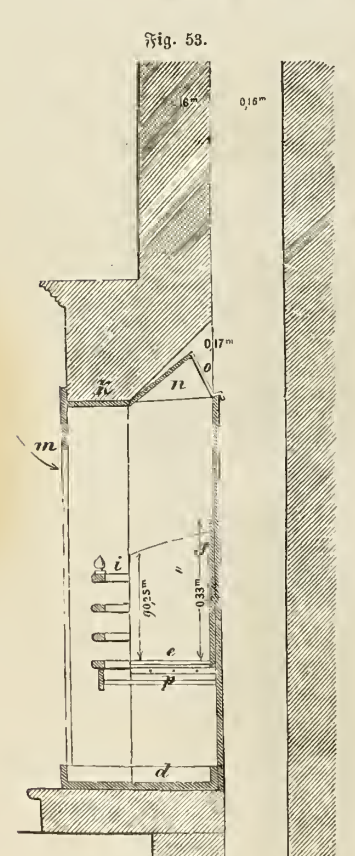
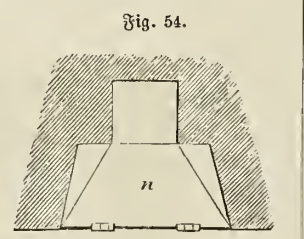


Fig. 54.

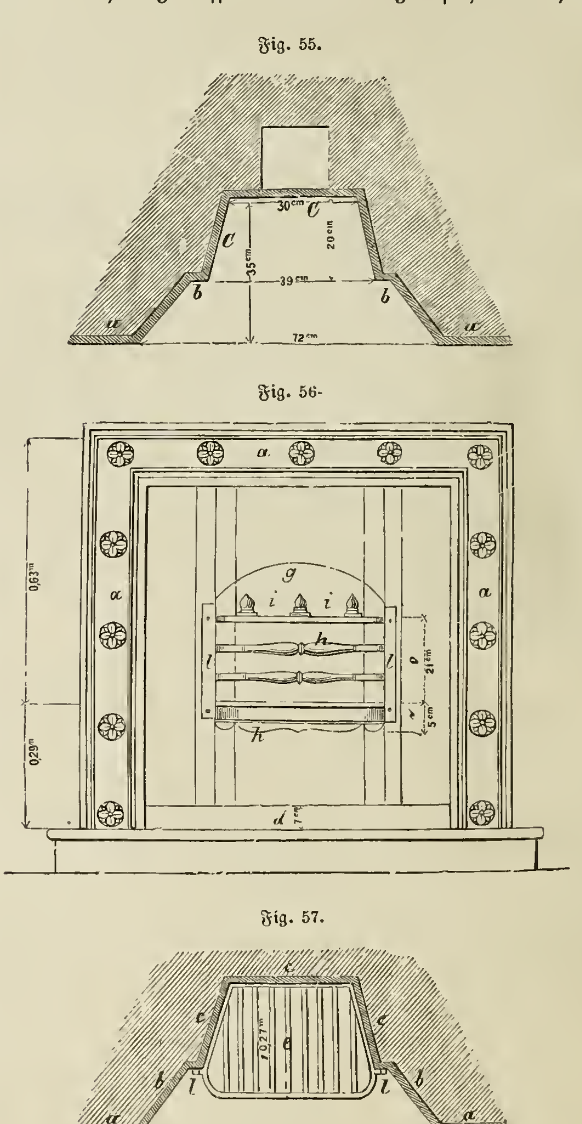


Der in Fig. 53 bis 57 dargestellte russische Wandkamin für Holz und Kohlenfeuerung[2]) hat sich bei einfacher Anordnung gut bewährt. Der Rost ist hoch gelegt, damit die am Fußboden hinströmende Zimmerluft bequem unter denselben treten kann. Dadurch wird die Kaminöffnung angemessen erhöht und ein größerer Strahlungskegel geschaffen, ohne daß ein Zurückschlagen des Rauches zu gewärtigen ist. Das Rauchrohr dieses Kamines ist als russisches Rohr von $^{15}/_{16}$ cm Seitenabmessung bis zum Souterrain hinabgeführt, dort mit Schieber oder Thürenverschluß versehen und kann also ohne Belästigung für die Zimmerbewohner gereinigt werden. Die Rückwand des Kamineinsatzes besteht aus Gußeisen; sie soll erhitzt zur Verstärkung des Zuges beitragen, weil sie direkt an das Schornsteinrohr gesetzt ist und in diesem durch Luftverdünnung saugende Wirkung hervorbringt. Ein Vorteil der hier getroffenen Anordnung besteht darin, daß

Fig. 55.

Fig. 56.

Fig. 57.



der Kaminvorsprung bis auf 25 cm reduziert wird, was in beengten Wohnräumen von Wert sein kann.

Rahmen a und Seitenstücke b bestehen aus Gußeisen. Der horizontale Teil des Rahmens tritt um 8 bis 10 cm gegen die horizontale Deckplatte k vor; es soll dadurch das Zurückschlagen des Rauches ins Zimmer vermieden werden. An die gußeisernen Seitenteile ist die, aus einem Stück gegossene, Mauerbekleidung c c dichtschließend angesetzt; unterhalb steht sie auf dem Herdpflaster auf, ober-

1) Vgl. die Tabelle in Degen's Handbuch, S. 13.

2) Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang VIII, S. 95 und 96.

halb reicht sie bis unter die Deckplatte k. Das Mauerwerk ist hier schräg ansteigend und seitwärts durch Übertragung nach dem Schornsteinrohre hingeführt, so daß sich eine Öffnung für den Rauchabzug von der Breite des Schornsteines bei 17 cm Höhe bildet. Die Verschlußklappe[1]) von Blech ist in Scharnieren beweglich und durch eine gezahnte Stange leicht zur Zugregulierung einstellbar herzurichten oder ganz zu schließen, wenn die Stange nach außen gestoßen wird. Das Herdpflaster ist stufenähnlich über dem Zimmerboden erhöht, in geeignetem Material herzustellen, und ein eiserner Schubkasten, welcher der Grundrißform folgt, dient zur Aufnahme der Asche.

Der Feuerkorb zur Aufnahme des Brennmaterials besteht aus einem 10 mm dicken gußeisernen Kasten g, welcher mit Nieten an die Herdbekleidung befestigt ist. Die Vorderwand des Korbes bildet ein eisernes horizontales Stabwerk, dessen Seitenstücke e ebenfalls an die Mauerbekleidung c angeschraubt werden. Den Boden des Kastens bildet der Rost, aus einem Stück gegossen; er ruht mit seinem Rahmen auf Winkelschienen p (Fig. 53), welche an die Seitenteile des Kastens angenietet sind, und kann also leicht herausgenommen oder durch einen neuen Rost ersetzt werden, wenn er schadhaft geworden ist.

Den Übelstand, daß die eiserne Kaminrückwand nach längerem Gebrauche an der Feuerstelle durchbrennt, sucht man entweder durch eine kannelierte Verstärkungsplatte von Gußeisen, welche an der Feuerstelle mittels Schrauben befestigt wird (Taf. 5, Fig. 1—4), zu beheben, oder es wird eine angemessen geformte und mittels Bügel und Schrauben befestigte 5—6 cm dicke Chamotteplatte r eingesetzt (Fig. 5 und 6). Beide Platten lassen sich erneuern, ohne daß dadurch der eiserne Einsatz und die Mauerbekleidung des Kamins berührt wird.

Die modernen Kamingarnituren haben die letztgenannte Verstärkungsplatte zum größern Teil adoptiert, wobei der Einsatz im Grundriß häufiger oval gestaltet, stets in Gußeisen hergestellt und mit einem dekorativen Rahmen v für die Aufnahme der Chamotteplatte versehen ist. Zur Anbringung des Rostes sind an der Rückwand des Einsatzes Lappen angegossen, auf welchen derselbe Auflager findet und (zur Verhinderung des Gleitens) an die Lappen festgeschraubt wird. Das Vorsetzgitter ist mit größerm oder geringerm Reichtum in Gußeisen poliert ausgeführt, und zu seinem Schutze wird ein dahinter liegendes Gitter mit vertikalen, enggestellten Stäben angebracht, welches die Kohlen zusammenhält. Nach unten hin schließt der Aschkasten z (Taf. 5, Fig. 3) die Öffnung des Kamins ab. Wo nicht polizeiliche Bestimmungen dies hindern, kann der Einsatz durch eine stellbare Klappe (Fig. 58) gegen den Schornstein abgeschlossen werden. Fig. 59 stellt den Drehpunkt der gezahnten Stellstange vor.

Fig. 58.

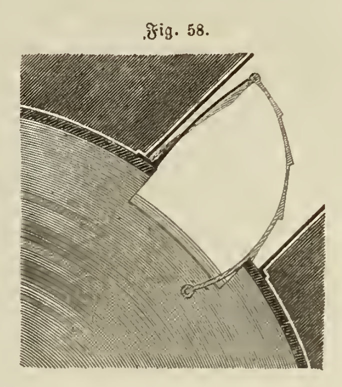
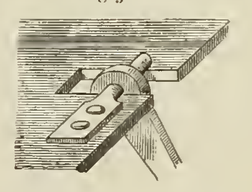


Fig. 59.



Der vordere Rahmen des Einsatzes ist scheidrecht oder halbkreisförmig geschlossen, die profilierte Gliederung glatt poliert und nicht selten mit bronzierten Stäben dekoriert; letztere sind gegen die glatte Vorderplatte mit versenkten Schrauben befestigt. Die Fortsetzung der geschliffenen Stirnplatte greift ein oder zwei Centimeter tief hinter den architektonischen Rahmen des Kamins, der aus schwachen Marmor- oder Majolikaplatten zusammengestellt und vollkommen mit Backsteinen ausgemauert wird, ein.

Um beim Entzünden des Feuers den Zug regeln und nach erfolgtem Heizen die geschwärzten Wände des Kamineinsatzes verdecken zu können, wird eine polierte, leicht gewölbte Platte von Gußeisen, der sogenannte „Vorhang“ a, an einem oder zwei Stiften des profilierten Rahmens der Öffnung eingehangen; hierdurch gewinnt die Anordnung wesentlich an Eleganz. Zum bequemen Gebrauch ist der Vorhang mit einem Handgriff versehen, dessen Endigung aus poliertem Holz besteht, oder derselbe ist abnehmbar und dann ganz aus Eisen hergestellt, indem er hebelähnlich in eine Vertiefung des Vorhanges eingeführt wird.

Anmerkung. Die lichte Weite derartiger Kamineinsätze schwankt zwischen 60 und 85 cm in der Breite und 70 und 90 cm in der Höhe. Preis einer kompleten Garnitur je nach Größe, Eleganz und Art der Ausstattung 105—215 Mark. Eine noch größere Preisverschiedenheit findet für den marmornen Mantel der Kamine statt, da hier Reinheit des Materials und Reichtum der Skulptur von hohem Einfluß sind.

Die Fig. 5—8, Taf. 6, stellen einen Eckkamin dar, wie er mit Vorteil in dem Winkel eines Zimmers Aufstellung findet. Es ist hierbei Gelegenheit gegeben, einen Teil der Wärme, die sich dem Mauerwerk mitteilt, für das Zimmer nutzbar zu machen. Zu dem Ende ist der eiserne Einsatz mit einem 6 cm dicken Chamottemantel umgeben, der die Wärme der Heizung aufspeichert; ein Kanal g dient zur Isolierung des Heizkörpers. Wenn dann durch die Oeffnungen h, h am Fußboden die erkaltete Zimmerluft

1) Die Berliner Bauordnung vom Jahre 1887 erklärt in § 17 jegliche Art von Verschlußvorrichtungen in den zur Ableitung der Feuergase bestimmten Kanälen bei bewohnten Räumen für unzulässig; dies gilt auch für obige Verschlußklappe.

eintritt, so wird diese sich in dem Kanal erwärmen und durch oberhalb angebrachte Rosetten seitlich in das Zimmer einströmen, also den Effekt des Heizapparates steigern. — Die Anordnung der Rauchröhren ist derart getroffen, daß jede der drei Wohnetagen mit separatem Schornstein zum Zweck der Kaminheizung versehen ist, um das Rauchen zu vermeiden, wenn eine gleichzeitige Benutzung derselben stattfindet.

§ 23.

Kamine und Luftcirkulation.

Der Gedanke, die Wärme der Heizgase nutzbar zu machen und dadurch den ökonomischen Fehler der Kamine zu verbessern, rührt schon von Desaguliers her (Mitte des XVIII. Jahrhunderts), aber eine befriedigende Lösung der Aufgabe gehört erst den letzten drei Decennien an.

1) Leras, Professor der Physik am Lyceum zu Alençon, stellte 1855 einen Apparat aus, welcher der Lösung näher kommt. Der Kaminheizkasten ist doppelt; die Zimmerluft tritt unter der Herdplatte des Kamins ein, steigt hinter derselben auf und gelangt durch mehrere seitlich angebrachte Öffnungen erwärmt in den Raum zurück. Die Seitenwände bestehen aus poliertem Kupfer, um die Strahlung zu vermehren. Der Herd hat, trotz der doppelten Wandung, geringe Tiefe und absorbiert daher weniger Raum als die auf Taf. 6, Fig. 5—8, dargestellten Kamine.

2) Die gegenwärtig in Norddeutschland häufiger angewandten „Kamine mit doppeltem Feuerkasten“ sind nach diesem Prinzip konstruiert. Taf. 7, Fig. 1—3, zeigt einen Einsatz von C. Geiseler in Berlin. Die hintere Wand der Wärmkammer ist separat gegossen und so geformt, daß sie im Abstande von 6—7 cm den Kamineinsatz umschließt. Die Verschraubung beider erfolgt durch angegossene Flansche mit ovalen Bolzenlöchern oder durch einzelne korrespondierende Ansätze nach Art der Fig. 1. Unter dem Aschenkasten ist ein besonderes Luftgitter (Grille) eingeschaltet, durch welches die Zimmerluft in den Heizkasten eintritt. Die Kaminrückwand ist wie oben mit kannelurähnlichen Rippen versehen und die durch Strahlung und Leitung erhitzte Luft strömt durch zwei seitliche Rohre in einen horizontalen Kanal und durch verstellbare Rosetten ins Zimmer.

Der Preis des Einsatzes erhöht sich dadurch um 25 bis 30 Mark.

Leider ist die Wärmfläche dieser Kaminkörper nicht ergiebig genug, um einen höhern Nutzeffekt als 20—25 Proz. der produzierten Wärmemenge zu gestatten.

3) Andere Konstrukteure lassen die Feuergase ein System vertikaler Rohre, welche von einem gußeisernen Kasten aufsteigen und in einen ebensolchen Kasten einmünden, umspülen. Wenn dann von innen oder von außen in den untern Kasten Luft eingeführt wird, so wird diese sich in den Röhren erwärmen, darin aufsteigen und durch die Stirnenden des obern Kastens in das Zimmer einströmen, wobei sich der Nutzeffekt bis auf 25 Proz. der Gesamtwärmeabgabe des Heizmaterials steigern läßt.

Ein derartiger Apparat wird von E. Wille in Berlin fabriziert. Der untere Kasten, in welchen die Luft durch ein Gitter vom Zimmer her einströmt, hat fischbauchähnliche Grundform; die einmündenden 9 Rohre von 9 cm Lichtweite stehen konzentrisch zur Kaminrückwand und sind ⅂-förmig gebogen: sie münden oberhalb in einen geraden oder parallelopipedischen Kasten mit angegossenen Stutzen, welche zur Einführung der Rohre dienen (Taf. 7, Fig. 4—6). Über der Rohrmündung zieht sich der Einsatz im Mittel zu einer 20 cm weiten Röhre zusammen, deren Querschnitt demjenigen des russischen Rauchrohres gleichkommt.

Nach den gewonnenen Erfahrungen sind Kohlen und Coaks als Heizmaterial bei diesen Kaminen schwer verwendbar, weil die Verbrennungsprodukte sich im Kontakt mit den Tuben abkühlen und andererseits die Rohre bei starkem Feuern schon nach wenigen Jahren durchbrennen.

Andere Einrichtungen verwenden statt der vertikalen ein System horizontaler Röhren, welche in einer Art Wärmkammer hinter dem Kamineinsatz aufgestellt werden. Solche Anordnungen sind dann mehr oder weniger kompliziert und absorbieren viel Raum, was ihre allgemeine Anwendung wesentlich beeinträchtigt. Im Prinzip kommen sie sämtlich auf die oben besprochenen Gesichtspunkte hinaus und bieten wenig Neues: in allen Fällen tritt die erwärmte Luft seitlich am Kaminkörper heraus.

Vorteilhafter als die letztgenannte Anordnung ist die in Fig. 60 und 61 dargestellte Konstruktion. Der Brennstoff (Holz, Braunkohle oder leicht brennbare Steinkohle) wird in dem eisernen Korbe A verbrannt; hierbei muß die Verbrennungsluft die Spalten des Korbrostes passieren und der Raum zwischen dem Korbe und der Kamindecke wird durch das abnehmbare Metallsieb B geschlossen, mithin der übermäßige Luftzutritt beschränkt. Ein Teil der bei der Verbrennung freigewordenen Wärme kann nun an die gußeisernen Begrenzungsflächen des Kamineinsatzes abgegeben werden.

Der Korbrost A und das siebähnliche Geflecht B hindern also die übermäßige Ausstrahlung und die Wärmemenge, welche sonst in das Zimmer gelangen würde, wird verringert; andererseits erhöht sich dadurch die Temperatur von A und B. Zum größern Teile wird dann die so aufgenommene Wärme an die die Spalten des Siebes durchströmende Luft abgegeben und dadurch jedenfalls die Abkühlung des Feuers, welche bei den gewöhnlichen Kaminen oft unangenehm empfunden wird, vermindert. Der Vorteil

des Kamins in Fig. 60 und 61 liegt also im wesentlichen darin, daß die Verbrennungsluft schon mit einer höhern Temperatur an den Brennstoff herantritt und dadurch die Einleitung einer regelrechten Verbindung des Sauerstoffes mit demselben ermöglicht. Im übrigen findet bei diesem

Fig. 60.

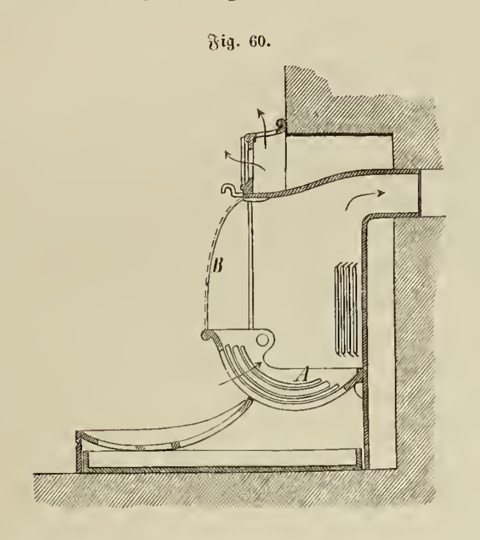
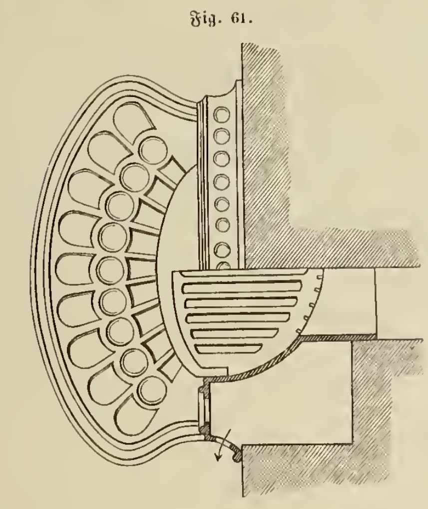


Fig. 61.



Kamine auch Luftcirkulation statt, da die zwischen seiner eisernen Rückwand und der massiven Mauer verbleibende Luftkammer zur direkten Erwärmung der durch seitliche Öffnungen einströmenden und am Oberteil austretenden Zimmerluft hergerichtet ist.

Kamine mit Ventilation. In den neueren englischen Kasernen und Lazaretten ist ein vom Ingenieur-Kapitän Douglas Galton konstruierter Kamin eingeführt, der einen wesentlichen Fortschritt bezeichnet, indem er mit der Heizung eine ausreichende Ventilation verbindet, ohne die oben gerügten Übelstände der gewöhnlichen cheminées zu zeigen. Wir geben diese Anlage nach den, vom General Morin in seinem Manuel pratique du chauffage et de la ventilation veröffentlichten Zeichnungen. Der offene Feuerherd, Fig. 64 für Holz-, Fig. 63 für Steinkohlenfeuerung eingerichtet, ist mit Chamotte ausgefüttert und geht nach oben in ein gußeisernes Rauchrohr über, welches bis zur Höhe der Decke aufsteigt und hauptsächlich die

Fig. 62. Fig. 63.

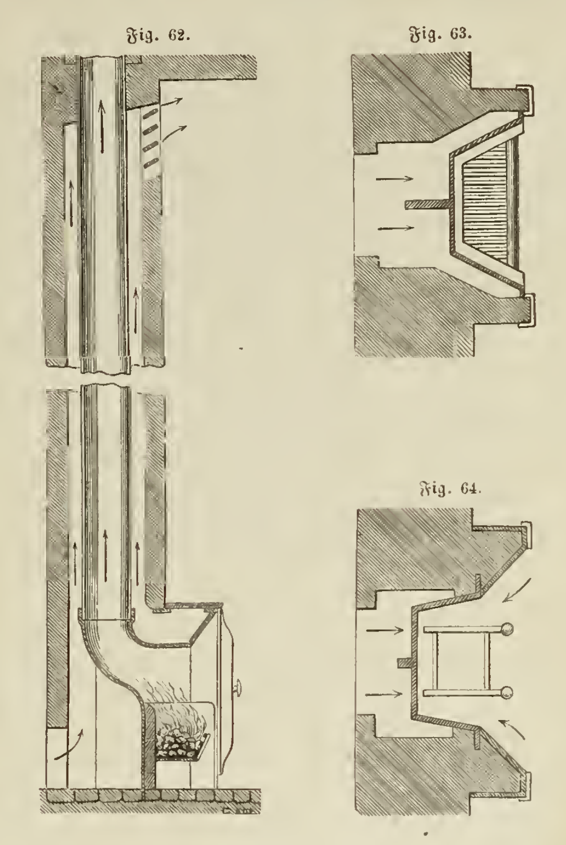


Fig. 64.

Erwärmung der quadratisch geformten Luftkammer bewirkt. Die Chamottesteine nehmen während der Heizung Wärme auf und geben sie nachher langsam wieder ab; sie verhindern auch das Glühendwerden des Einsatzes an der stark exponierten Feuerstelle. Die Wärmekammer liegt also hinter dem Feuerherd, kommuniziert mit der Außenluft und mündet dicht unter der Decke in das Zimmer ein.

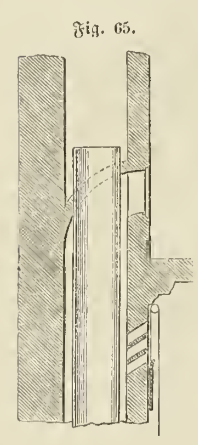
Feuerherd und Rohr wirken luftverdünnend, also saugend auf die äußere Luft: diese tritt demnach in die Kammer ein, erwärmt sich und strömt durch eine verstellbare Klappe (Register) oberhalb in das Zimmer, wobei sie gezwungen wird, eine Strecke an der Decke hinzustreichen und dann sich mit der Zimmerluft zu mischen. Allmählich gelangen die kälteren Schichten nach unten und in den Bereich der Feuerung.

Mittels der beweglichen Klappe kann der Eintritt erwärmter Luft in das Zimmer nach Bedürfnis verstärkt oder ganz abgestellt, ja die Wärme sogar in dem darüberliegenden Geschoß nutzbar gemacht werden, wie Fig. 65 zeigt.

Die Wärmeerzeugung dieser Kamine soll den Effekt

bis zu 35 Proz. der durch den Brennstoff entwickelten Wärmemenge steigern (Morin). Ein Vergleich mit den Kaminen nach dem Prinzip von Fondet macht dies leicht erklärlich: denn wenn die Luft in Röhren strömt, welche von erhitztem Rauch umgeben sind, so ist nur die innere Oberfläche der Röhren Heizfläche. Wenn dagegen der Rauch durch die Röhre abzieht, so absorbieren auch die Wände des konzentrischen Kanals, in dem sich die Luft aufwärts bewegt, die von der Röhre ausgestrahlte Wärme und der Luftstrom wird in diesem Falle von beiden Seiten erwärmt.

Fig. 65.



Die vom General Morin im Conservatoire des arts et métiers angestellten Versuche mit Dalton'schen Kaminen führten zu sehr befriedigenden Resultaten [1]), was erklärlich, da den Verbrennungsgasen eine große Menge Wärme entzogen wird, ehe sie in den gemauerten Schornstein entweichen. [2]) Nach Morin trat fast ebensoviel Luft durch die Register in das Zimmer, als durch die Kaminöffnung entwich. Durch Nebenöffnungen drang fast gar keine Luft ein und hiermit fiel auch der lästige Zug an Thüren und Fenstern fort. Ein kleiner Kamin dieser Art führte in der Stunde 500 cbm Luft ab und aus der Wärmekammer strömten in derselben Zeit 400 cbm Luft von 30° ins Zimmer ein, so daß nur $^1/_5$ des Bedarfs aus der Atmosphäre nachgeströmt ist. Bei einem andern Kamin wurde ebensoviel in der Stunde abgeführt, als erwärmte Luft eindrang: es scheinen daher auch örtliche Verhältnisse mitgewirkt zu haben.

Rauminhalt des Zimmers	Stündlich aufgesaugtes Luftvolum	Schornsteinquerschnitt	Totaler Querschnitt der Wärmekammer
cbm	cbm	qm	qm
100	500	0,050	0,140
120	600	0,060	0,168
150	750	0,075	0,210
180	900	0,090	0,252
220	1100	0,110	0,308
260	1300	0,130	0,364
300	1500	0,150	0,420

Anmerkung. Hiernach würde ein gewöhnliches zweifenstriges Wohnzimmer von 120 cbm Inhalt schon einen Schornstein von 27 cm Durchmesser erfordern; da aber nach den bestehenden Landes-Baupolizeigesetzen russische Schornsteine zur mechanischen Reinigung nur 16—21 cm Seite haben dürfen, so sind die Zahlen dieser Tabelle zur Zeit für unsere Verhältnisse nicht anwendbar. Es ist daher auch nutzlos, den untern Querschnitt des Schornsteines nach den von Morin oder Ferrini gegebenen Methoden berechnen zu wollen, denn befahrbare Rohre liefern bei 39—47 cm Abmessungen einen Minimalquerschnitt von 0,183 qm und erweisen sich als zu groß für obige Verhältnisse.

Das oben citierte Handbuch von Degen giebt nebenstehende, von Morin berechnete Tabelle der bei diesen Kaminen zu beobachtenden Maße des Schornsteinrohres und der Wärmekammer, bezogen auf den Rauminhalt des Zimmers. [1])

Die Wirkungsfähigkeit der Galton'schen Kamine erstreckt sich bis zu einem Zimmerraume von 300 cbm oder 1500 cbm stündlich auszutauschender Luft und darf (nach Morin) nicht wesentlich überschritten werden. Bei größeren Räumen wird die Aufstellung eines zweiten Kamines nötig; der Nachteil des Rauchens ist dabei nicht zu befürchten, weil sich die Douglas-Kamine mit der zur Verbrennung nötigen Luft selbst versorgen. Können, örtlicher Verhältnisse wegen, zwei Kamine nicht Platz finden, so müssen zur Unterstützung der Kaminheizung Luftheizapparate angewandt werden. Eine solche Kombination befindet sich in dem von Langhaus erbauten kaiserlichen Palais am Opernplatz zu Berlin und hat diese sich vorzüglich bewährt.

Die Kamine von Douglas Galton haben für unsere Gewohnheiten einen schwerwiegenden Übelstand: sie lassen sich nicht reinigen, ohne daß der Ruß in den Feuerkorb hinabgestoßen wird. Man ist in Frankreich und England daran gewöhnt und sucht durch dichtschließende Vorsetzer das Zimmer gegen Hineintreiben der Rußteile zu schützen. Derartige Übelstände können aber ganz umgangen werden, wenn man das eiserne Rauchrohr ohne Unterbrechung bis zum Fußboden der Etage hinabführt und direkt in das zum Keller hinabführende russische Rauchrohr einleitet, das hier in üblicher Art mit Schieberverschluß versehen ist und ohne Belästigung für die Zimmerbewohner gereinigt werden kann.

Eine solche Anordnung zeigt Taf. 16, Fig. 1—4.

Das mittlere Rohrstück ist mit einem Stutzen versehen, gegen welchen die rohrförmig zusammengezogene Kaminmündung verschraubt wird. Diese Apparate werden nach Angabe des Verfassers von der Firma G. Kanow in Berlin ausgeführt und genügen die in Fig. 1—4 angegebenen Abmessungen zur Erwärmung eines Zimmers von 110—120 cbm Rauminhalt. Die Luft der Wärmkammer strömt erfahrungsmäßig mit einer Temperatur von 35° durch die Registeröffnung in das Zimmer; bei einer Temperaturdifferenz von 40° zwischen der ein- und ausströmen-

1) Degen, Handbuch für Einrichtungen von Heizungen und Ventilationen. S. 15.

2) Neuere Untersuchungen von de Chaumant in den Kasernen von Chelsea liefern freilich ungünstigere Ergebnisse.

1) Degen, Handbuch. S. 16.

den Luft der Wärmkammer ist die Ausströmungsgeschwindigkeit bei 4,5 m Höhe pro Sek. = 1,445 m, der Querschnitt der Kammer ist im vorliegenden Fall =

$$0{,}33\ \text{m} \times 0{,}33\ \text{m} - 0{,}10^2 \,.\, 3{,}141 = 0{,}0775\ \text{qm},$$

es strömen demnach ins Zimmer pro Sekunde

$$0{,}0775 \times 1{,}445 = 0{,}1119\ \text{cbm}$$

oder stündlich 402 cbm, während in derselben Zeit durch den 20 cm weiten Kaminschornstein (bei einer Geschwindigkeit der Heizgase von 3,9 m pro Stunde) entweichen:

$$0{,}0314 \times 3{,}9 \times 3600 = 447\ \text{cbm Zimmerluft},$$

so daß nur $^1/_9$ des ausgetauschten Luftvolums durch zufällige Spalten in das Zimmer dringt und die Luft in der Stunde viermal erneuert wird.

Neuere englische Kamine.

Kurz nach dem Erscheinen der zweiten Auflage, nämlich im Winter 1881—1882, fand in London eine Ausstellung von Apparaten zur Verminderung des Rauches (Smoke Abatement Exhibition) statt. — In England ist nämlich die Kaminfeuerung die Hauptursache des gewaltigen Rauches in den Städten, auf Verbesserung dieser Feuerung wird also ein Hauptgewicht gelegt. Die gewöhnlichen Kamineinrichtungen sind dort höchst primitiv. Die Kohle wird ab und zu, je nach momentanem Bedürfnisse, aufgeschüttet, die flüchtigen Bestandteile derselben destillieren zuerst ab und entweichen unverbrannt, ehe die Kohle mit den übrigen Bestandteilen von Brenngasen zur Verbrennung übergeht. So wird denn die Heizkraft der Kohle vergeudet und nach jedesmaligem Aufwerfen von Brennstoff entsteht eine mächtige Rauchentwickelung, welche gewöhnlich 5—10 Minuten, je nach der Quantität der aufgeworfenen Kohle, anhält.

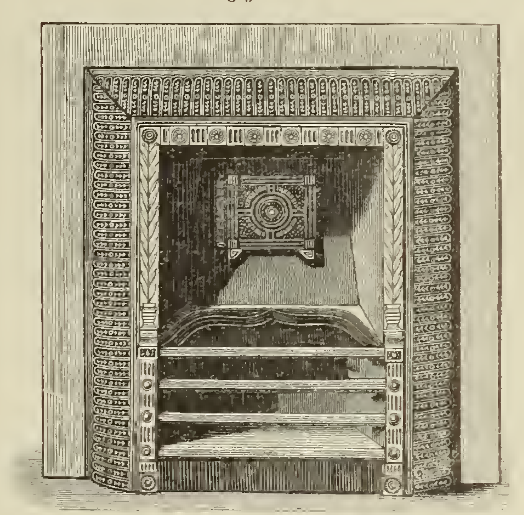
Diesem Übelstande hat man versucht durch verschiedene, auf der Ausstellung in Betrieb gewesene, Einrichtungen nach Möglichkeit abzuhelfen und zwar:

a) durch „Nachfüllung der Kohle von unten“, ein Arrangement, das ebenso vorzüglich ist in Bezug auf gleichmäßiges Feuer und Kohlenersparnis, als auf Rauchverzehrung.

Bemerkenswert war hier insbesondere der patentierte Apparat unter dem Namen „Ulster“ von Musgrave & Co. in Belfast (Fig. 66). Hinter der Kaminrückwand ist eine Kammer zur Aufnahme des frischen Brennmateriales angebracht. Dieselbe ist oben mit einer gutschließenden Thür versehen, durch welche die Kohlen eingefüllt werden. Der Boden des so geschaffenen Brennstoffmagazins liegt in gleicher Höhe mit dem horizontalen Rost des Kamins.

Beim Gebrauch ist die Kammer zunächst mit frischen Kohlen zu füllen, auch der Herd derart, daß die untere Öffnung in der Rückwand vollkommen damit bedeckt ist. Nun entzündet man das Feuer in gewöhnlicher Art. Ist dasselbe genügend in Glut, so wird das in der Kammer befindliche Brennmaterial abdestillieren und die sich entwickelnden Gase müssen durch die untere Öffnung entweichen, da ein anderer Ausweg nicht vorhanden ist.

Fig. 66.



Vor dieser Öffnung befinden sich aber glühende Kohlenschichten, welche die Gase passieren müssen; damit ist deren vollständige Verbrennung gesichert. — Das Brennmaterial aber, das aus der Kammer auf den Herd kommt, hat fast keine rauchbildenden Bestandteile mehr und brennt leicht an, da es vorgewärmt ist. Das Nachrutschen des Brennmaterials aus der Kammer auf den Kaminherd (Rost) kann durch Schüreisen unterstützt werden. An der Vorderseite der Kaminöffnung ist ein durchbrochener Schieber angebracht, der auf und nieder bewegt werden kann, um eine Zugregulierung zu ermöglichen.

Das Feuer ist übrigens leichter regulierbar, da die Kohle schon vorgewärmt auf den Rost kommt, und besser im Aussehen. Das Brennmaterial kann für 24 Stunden aufgegeben werden und wird dadurch an Bedienung gespart. Um das Anhaften der Kohlen im Schacht zu verhindern, ist nur magere Kohle zu verwenden, fette Kohle würde backen und sich an den Wänden aufhängen.

Bei einem andern Apparat unter den Namen „Engert’s Patent“ wird das Nachschieben der Kohle durch mechanische Mittel bewirkt.

b) Der frische Brennstoff wird von der Seite zugeführt. Hierher gehört der Kamin von Martin & Co. in London.

c) Bei dem „Kensington“-Kamin endlich müssen die Verbrennungdprodukte durch das glühende Brennmaterial abwärts nach dem Rauchfang ziehen.

d) Die Kaminfeuerung „mit Drehrost“ auf horizontaler Achse ist für die allgemeine Anwendung leider nicht geeignet, wenngleich sie in ihrer Wirkung lobenswert erscheint.

§ 24.

Freistehende eiserne Kamine mit durchbrochenem Mantel.

Diese Kamine sind in England mehr als auf dem Kontinent verbreitet, sie eignen sich aber wegen gewisser Vorzüge auch für das norddeutsche Klima.

Was sie besonders für den Gebrauch empfiehlt, dürfte sich in folgenden Sätzen zusammenfassen lassen:

1) die geringen Dimensionen derselben (96 cm größte Länge bei 44 cm Tiefe) machen sie leicht placierbar;
2) das mäßige Gewicht bildet eine nur unbedeutende Belastung der Etagendecken;
3) die Aufstellung erfolgt leicht und schnell, ohne irgend welche Ausfütterung, lediglich durch Verschraubung der Eisenplatten;
4) die Wirkung tritt bald und sicher, schon nach kurzer Heizdauer ein;
5) sie sind bequem zu translocieren oder für die Sommersaison ganz zu entfernen;
6) der Preis ist ein mäßiger und schwankt je nach Form und Ausstattung von 180—250 Mark.

In Fig. 67 ist ein derartiger freistehender Kamin in perspektivischer Ansicht dargestellt. Der im Grundriß ovale Feuerkasten besteht wie in früheren Fällen aus Gußeisen und hat eine lichte Höhe von 35 cm Breite und 23 cm Tiefe; er zieht sich nach dem Rost hin schüsselförmig zusammen. Letzterer liegt nach englischer Sitte etwas hoch, damit ein ergiebiger Luftstrom unter denselben zugeführt werde. Ein Aschenkasten ist auf schmiedeeisernen Leisten verschieblich angebracht und kann zum Zweck der Entleerung ganz herausgenommen werden. Der Abzug des Rauches erfolgt in üblicher Art durch die, in der Decke des Feuerkastens austretende, kreisrunde Öffnung, an welche sich ein 13—15 cm weites gußeisernes Rohr anschließt, das unter Frieshöhe, und kaum bemerkbar, in den Schornstein einmündet.

Die mit reichem profiliertem Rahmen umgebene Kaminöffnung wird nach vorn durch ein poliertes Doppelgitter und ornamentierten Vorhang mit Handgriff abgeschlossen. Hierbei ruht der Vorhang auf dem oberen Stabe des Gitters fest auf, und ist die Einrichtung des Feuerkastens in nichts verschieden von den Kamingarnituren, welche im Vorhergehenden besprochen wurden. Die eiserne Vorderplatte setzt sich jedoch im vorliegenden Falle nicht hinter einen Mantel von Marmor oder gebranntem Thon falzähnlich ein, sondern sie bildet in ihrer rechtwinkeligen Fortsetzung selbst den Mantel von Gußeisen, der den Feuerkasten umschließt und dem Auge entzieht.

Damit die am Fußboden stagnierende kalte Luft in die so entstehende Wärmekammer a a bequem eintreten könne, ist der Kamin auf Füße von Gußeisen gestellt. Der Austritt der erwärmten Luft findet statt durch Öffnungen im

Fig. 67.

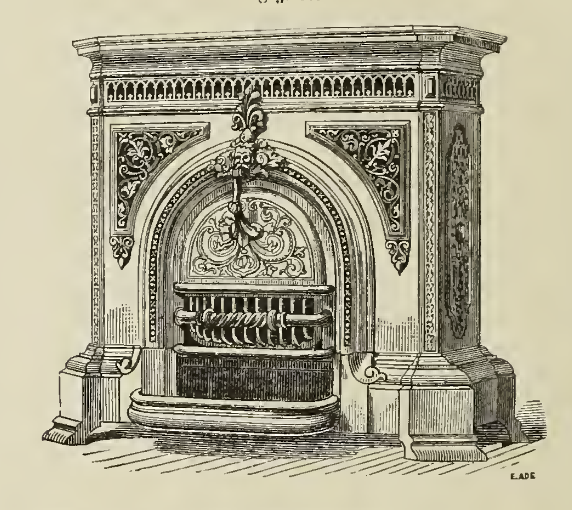
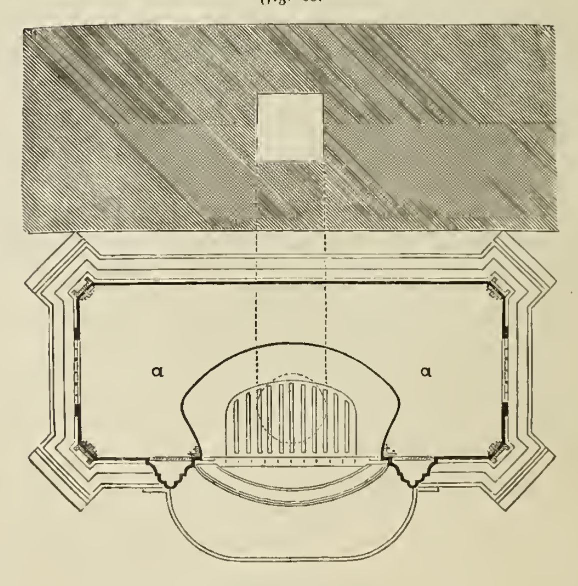


Fig. 68.



Ornament des Frieses, der Seitenflächen und der Zwickelverzierungen. Die Abdeckung des Heizkamines nach oben erfolgt durch eine das Gesims überragende Marmorplatte und die Rückwand wird durch eine Blechplatte hergestellt. Die Verbindung der Vorder-, Hinter- und Seitenplatten des Kamines wird in den Ecken durch Laschenverbindung bewirkt und die entstehende Fuge, wie Fig. 68 zeigt, durch aufgeschraubte ornamentierte Lisenen gedeckt.

Um den Mantel marmorähnlich erscheinen zu lassen, pflegt man die drei, zur Ansicht kommenden Flächen erst

zu polieren und darauf eine schwarze Farbe einzubrennen, wodurch die Täuschung erhöht wird. Die Profile des Rahmens und der Zwickel sind jedoch stahlglänzend poliert, selbstverständlich auch Gitter und Vorhang: der Eindruck ist daher ein gediegener.

In der Anwendung eignen sich freistehende eiserne Kamine besonders gut für Räume, welche durch das Kaminfeuer allein erwärmt werden sollen, ohne daß damit, wie in Norddeutschland gewöhnlich, ein Kachelofen (Kaminofen) in Verbindung gebracht ist, oder die Anlage einer Luft- resp. Wasserheizung noch nebenher erforderlich würde. Denn der Feuerkörper wirkt hier fast so kräftig wie ein eiserner Ofen, nur mildert der umschließende Mantel die unangenehme Wirkung der strahlenden Wärme, welche heiße Eisenflächen aussenden, indem er auch als Cirkulationsapparat wirkt.

Es leuchtet ein, daß man imstande ist, durch einen unter dem Fußboden ausgesparten Kanal frische Luft von außen her in den Zwischenraum zwischen Feuerkasten und Mantel einzuführen und dadurch den Cirkulationskamin nach Wunsch auch zur Erzielung einer Zimmerventilation zu benutzen. Jedenfalls muß es möglich sein, durch Anbringung einer Drosselklappe den Zutritt atmosphärischer Luft nach Erfordern zu regeln, eventuell ganz abzustellen, wenn der Stand der äußern Temperatur solches bedingt.

Die Dimensionen des nebenstehend dargestellten Kamines sind folgende:

ganze Länge der Vorderplatte 0,84 m,
„ „ „ Seitenteile 0,385 m,
Höhe inkl. Marmorplatte 0,94 m,
Abstand der Wandungen vom Fußboden 0,06 m.

Bei mittlerer Winterkälte wird ein großes Zimmer bei 4—6 stündiger Intermittenz ausreichend durch denselben erwärmt.

Resumé. Die Kamine, welche im Vorstehenden hier besprochen worden sind, lassen sich in zwei Arten einteilen:

in gewöhnliche und
in verbesserte Kamine.

Bei den gewöhnlichen Kaminen soll lediglich die strahlende Wärme im Zimmer Verwertung finden. Diese Heizmethode ist angenehm, aber teuer und reicht nur für ein mildes Klima aus, weil der Nutzeffekt höchstens 14 Proz. der gesamten aus dem Brennmaterial entwickelten Wärmemenge beträgt. Hierher gehören u. a. die Systeme von Rumford, L'homond, Bronsac und die auf Taf. 5 dargestellten Kaminanlagen.

Bei der zweiten Klasse hat man gleichzeitig versucht, aus der, in den Verbrennungsprodukten enthaltenen Wärme Nutzen zu ziehen und zu dem Ende eine mehr oder weniger kompliziertе Kalorifere hinzugefügt. Die letzteren sind nach zwei Richtungen hier besprochen worden, nämlich als:

1) Kamine mit Luftcirkulation (System Leras, Fondet, Geiseler u. s. w.),
2) als Ventilationskamine (System Douglas).

Das Rauchen der Kamine wird in allen Fällen durch fehlerhafte Anlage des Heizkörpers oder des Schornsteins hervorgerufen. Die Ursachen lassen sich zurückführen:

1) auf die Schwierigkeit, so viel Luft in das Zimmer zu schaffen, als durch den Schornstein entweicht;
2) auf falsche oder zu große Maße des Schornsteines;
3) auf zu geringe Temperatur der erhitzten Gase;
4) auf zu geringe Geschwindigkeit des Rauchabzuges;
5) auf gleichzeitiges Wirken mehrerer Kamine, welche in kommunizierenden Zimmern placiert sind;
6) auf das Einleiten mehrerer Kamine in einen Schornstein oder das Zusammenziehen zweier Kaminschornsteine;
7) auf Einwirkung der Sonnenstrahlen auf den Schornstein oder die Einwirkung direkter, resp. reflektierter Windstöße.

Diese Schwierigkeit kann behoben werden:

ad 1—3) durch Aufstellung eines Ventilations- oder eines Kensington-Kamines, resp. eines der neueren Patentkamine von Musgrave, Engert u. a.;
ad 4) durch Erhöhung des Schornsteines oder Verengung der Ausflußöffnung;
ad 5) durch genügende Zuführung von Ventilationsluft;
ad 6) jeder Kamin muß seinen besondern, bis über Dach geführten Schornstein erhalten;
ad 7) gegen derartige Ursachen des Rauchens im Zimmer leisten die in § 9 vorgeführten Schornsteinaufsätze gute Dienste.

§ 25.

Kaminöfen (Cheminées-poêles).

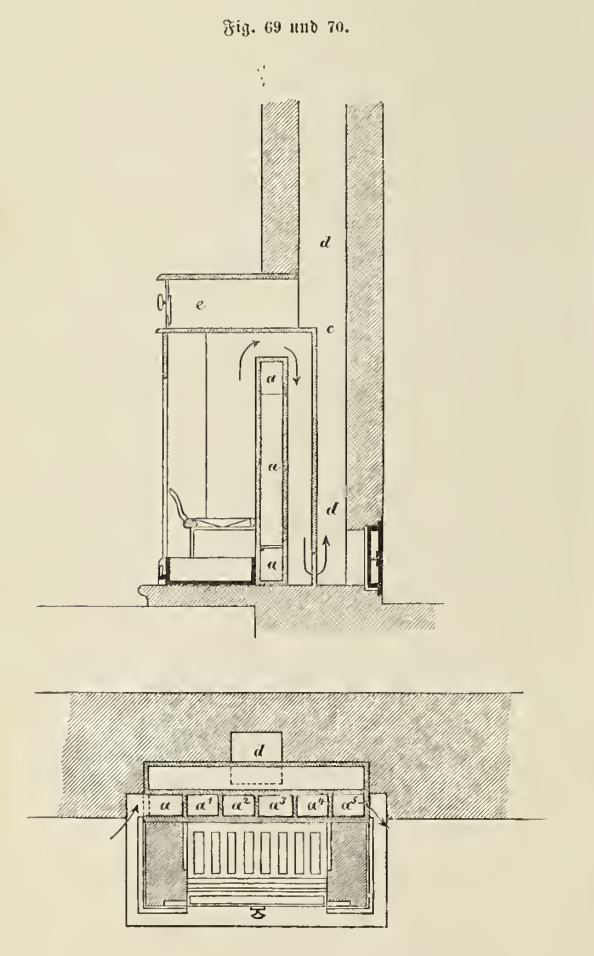
Die Kaminheizung ist in England, Italien und Frankreich sehr verbreitet und auch bei uns beliebt wegen der Annehmlichkeit, die der Anblick der Flamme gewährt; wegen ihrer ökonomischen Nachteile aber pflegt sie in Gegenden, wo die Temperatur während des Winters erheblich sinkt, kaum zur Erzeugung einer angenehmen Zimmerwärme (von 15—18° C.) auszureichen. Schon in Holland stellt man neben dem Kamin einen kleinen eisernen Ofen auf. Um den ökonomischen Effekt der Kamine zu erhöhen, verwendet man

a) in Frankreich: eiserne Kaminöfen (Cheminées-poêles), sonst auch pennsylvanische Kamine genannt (Fig. 69 und 70). Der offene Kaminherd ist mit Rost und Aschenfall versehen und steht mit einer Rauchleitung in

Verbindung, welche durch Pfeile angedeutet ist. Bei c tritt der Rauch in die bis zum Fußboden hinabreichende Rauchröhre d, d; der Ruß kann durch das Putzthürchen bei e gefegt und in den Schornstein hinabgestoßen werden.

Während also die Verbrennungsprodukte in auf- und absteigenden Zügen cirkulieren, umströmen sie ein aus gußeisernen Platten zusammengesetztes Kanalsystem a, a^1, a^2, a^3 ...., welches mit dem Zimmerraume bei a und a^5

Fig. 69 und 70.



kommuniziert, derart, daß die Zimmerluft bei a kalt ein- und aus a^5 erwärmt ausströmt; der Raum e kann als Wärmeröhre benutzt werden und ist mit durchbrochener Thür versehen.

b) In Norddeutschland wird seit alten Zeiten der Kachelofen als unentbehrliches Ausstattungsstück angesehen. Hier sind zum Ersatz des Kachelofens seit einigen Decennien die „Kaminöfen" (in Frankreich auch cheminées à la prussiennes genannt) in Gebrauch, welche das Angenehme des offenen Herdfeuers mit der Heizkraft des Ofens verbinden. Taf. 8 stellt einen derartigen Ofen im Zusammenhange dar. Er baut sich in der Regel in zwei Etagen auf, von denen die untere und breitere Fig. 1 und 5 die Kaminöffnung und hinter derselben an der Schmalseite die Ofenfeuerung enthält. Das Kaminfeuer brennt — wie gewöhnlich bei Kohlenfeuerung — auf einem Roste und die Verbrennungsprodukte entweichen auf kürzestem Wege durch eine quadratische Röhre von Gußeisen nach dem Schornstein, während das Ofenfeuer durch die hinter und über dem Kamine angelegten fünf „stehenden Züge" hindurch und unter der Ofendecke in das Rauchrohr gelangt, nachdem es einen großen Teil der in den Heizgasen enthaltenen Wärme an die Ofenwandungen abgesetzt hat. Sobald das Feuer im Ofen ausgebrannt ist, wird meistens die Kommunikation mit dem Schornstein durch Schließen der Klappe abgeschnitten; der Luftwechsel hört dann ganz auf und die Ofenwände geben ihre Wärme nur an das Zimmer ab. Ofenfeuerung und Kaminheizung stehen also in gar keinem Zusammenhange und können unabhängig von einander benutzt werden; wenn aber — wie in den meisten Fällen — nur ein gemeinschaftlicher Schornstein vorhanden ist, thut man gut, sie nacheinander zu benutzen. Sicherer ist zwar die Anlage zweier russischer Rohre für einen Kaminofen, aber es findet hierbei, wenigstens für Wohngebäude von mehr als 2 Etagen Höhe, die Schwierigkeit statt, daß selten Pfeiler zur Verfügung stehen, welche 6—8 russische Rohre von 16—20 cm Seite in sich aufnehmen können, ganz abgesehen von dem schwachen Punkte im Etagengebälk, der sich notwendig infolge der Auswechselung von zwei bis drei nebeneinander liegenden Balken ergiebt.

Da in der Regel der Kamin nur bei milderer Witterung geheizt wird und an kalten Tagen der Ofen zur Benutzung kommt, so darf die Anlage eines Rohres für den Kaminofen ohne weiteres als ausreichend betrachtet werden.

Das Aufsetzen der Kaminöfen erfolgt auf eine, zwischen den Balken eingefalzte, 5 cm starke Bohlenausfutterung; darüber wird die gehobelte Zarge z genau in die Wage verlegt und auf dieser die Kachelstellung nach Maßen eingeteilt. Die Kacheln haben nur 21 cm Breite bei 23 cm Höhe; größere Architekturteile, wie Konsole, Bogenstücke, Architrave, Krönungsgesimse werden aus Formstücken oder auch als Monolithe hergestellt.

Die Konstruktion der Kachelöfen wird im folgenden Abschnitt eingehender zu besprechen sein; hier möge schon Erwähnung finden, daß die Ausfütterung in der Nähe der Feuerstelle mit gutgebrannten Mauersteinen bewirkt wird, während die liegenden und stehenden Züge aus doppelten Dachsteinen hergestellt und durch Eisenschienen unterstützt werden, wie Taf. 8, Fig. 3 und 4 im Längs- und Querschnitt zeigt.

Die vier Grundrisse entsprechen den in Fig. 4 in Höhe bei A, B, C und D genommenen Horizontalschnitten; die Zahlen 1 bis 5 in Fig. 8 entsprechen dagegen den Zügen, welche der Rauch nacheinander zu durchlaufen hat, ehe er in den Schornstein eintritt.

§ 26.

Gas-Heizkamine.

In den letzten Decennien hat man angefangen Kamine auch mit Leuchtgas zu heizen. Diese Heizmethode ist da am Platze, wo es sich um die Erwärmung bereits vorhandener Räume handelt, in deren Mauern Schornsteine oder Heizkanäle nicht mehr angebracht werden können, wo selbst die Anlage unterirdischer Kanäle im Fußboden — wie in älteren Kirchen — nur mit kostspieligen Umbauten oder sonstigen Schwierigkeiten verknüpft ist. Steht dann Leuchtgas zur Verfügung, so ist die Wahl einer Gasheizung vollkommen berechtigt, ja es bildet diese Methode vielleicht das einzige Auskunftsmittel von durchschlagender Wirkung. Die Anlage ist an sich wohlfeil, weil sie keinerlei bauliche Veränderungen erfordert und Wartung oder Inbetriebsetzung sich auf einfaches Anzünden beschränkt.

Da die detaillierte Konstruktion der Gasheizungen einem späteren Kapitel dieses Bandes vorbehalten ist, erübrigt hier nur — der Vollständigkeit wegen — diejenige Modifikation zu besprechen, welche in der Form der Heizkamine zur Anwendung kommt, ihre Wirkung zu prüfen und ihren Wert für die Praxis festzustellen.

Weil aber das geringe Strahlungsvermögen des Leuchtgases dasselbe für Kaminheizung nicht direkt verwendbar macht, hilft man sich damit, daß durch die Gasflamme feste Körper in glühendem Zustande erhalten werden. Gewöhnlich strömt das, hinreichend mit Luft vermischte, Gas durch eine Art Bunsen'schen Brenner in einem Cylinder aus feuerfestem Material[1]), der eine Menge feiner Löcher besitzt. Aus jedem der Löcher dringt eine Flamme hervor, und das Prinzip, das dem Apparat zu Grunde liegt, besteht darin, durch Vermischen des Gases mit atmosphärischer Luft vor dem Anzünden auf Kosten der Leuchtkraft eine vollständige Verbrennung zu erzielen. Man erhält hierbei eine wenig leuchtende blaue Flamme, aber sehr intensive Hitze. Um die Heizcylinder werden Ziegelstücke gehäuft, die wie Kohlen aussehen, und wenn dieselben nach einiger Zeit glühend geworden sind und die blauen Flämmchen des Gasfeuers dabei von einem Stück zum andern hüpfen, ist die Täuschung vollkommen und man glaubt ein offenes Kohlenfeuer vor sich zu sehen.

Der Gaskonsum eines Gasheizkamines guter Konstruktion beträgt für 1200 cbm zu heizenden Raum pro Stunde 20 cbm. Da nun in Berlin der Kubikmeter Leuchtgas mit 16 Pfg. bezahlt wird, kostet hierorts eine einstündige Heizung 3,20 Mark. Im gleichen Verhältnis beträgt der Gaskonsum eines kleineren Kamins stündlich 2 cbm. In der Regel wird schon nach Verlauf von 40 Minuten eine erträgliche Temperatur erreicht.

Nach Elsner bedarf man, um die Temperatur eines geschlossenen Raumes von 100 cbm Inhalt um 10° R. zu erhöhen, stündlich 1,60 cbm Gas und weitere 0,2 cbm pro Stunde zur Unterhaltung dieser Temperatur. An Brenneroberfläche werden bei Elsner'schen Gaskaminen für je 100 cbm Raum 220 qcm verwandt. (Näheres im II. Abschnitt „Gasanlagen".)

Obwohl nun das Leuchtgas ohne Zweifel viel teurer ist als alle anderen Brennmaterialien, so kann es doch in den oben erörterten Fällen — wo es sich um Heizung von Räumen handelt, in denen Schornsteinrohre nicht vorhanden oder schwer anzubringen sind — den Vorzug verdienen. Es empfiehlt sich aber auch besonders:

a) wegen des bequemen und raschen Anzündens, Regulierens und Auslöschens der Flamme und
b) wegen der Reinlichkeit des Brennens, wobei jede Spur von Asche fehlt.

In Räumen, die mit Leuchtgas geheizt werden, ist für ausreichende Ventilation zu sorgen, um die bei der Verbrennung sich bildende Kohlensäure zu entfernen. Denn die Kohlensäureproduktion eines Gasheizkamines für 1200 cbm Heizraum beträgt stündlich 10 cbm oder 0,83 pro Mille; gute Zimmerluft soll aber (nach Pettenkofer) höchstens 0,7 pro Mille an Kohlensäure enthalten. Näheres in dem Kapitel „Ventilation". Der bei der Verbrennung sich entwickelnde Wasserdampf würde, wenn er nicht entfernt wird, Wände und Decken feucht machen. Auch der üble Geruch, welcher sich bei Gasheizung bemerkbar macht und nicht allein dem auf den Brennern abgelagerten Staub zuzuschreiben ist, muß durch Ventilationsschlote abgeführt werden.

1) Professor Hoffmann in Berlin bedient sich zu seinen organischen Analysen mit Vorteil hohler Cylinder aus gebranntem Pfeifenthon, die mit einer großen Anzahl von Löchern versehen sind.

Fünftes Kapitel.

Heizung mit Zimmeröfen.

§ 27.

Allgemeine Prinzipien.

Zimmeröfen sind Apparate, bei welchen das Feuer nicht offen, sondern in einem ganz umschlossenen Raume brennt. Die Umhüllung des Feuerraumes wird entweder aus Metall oder aus gebranntem Thon konstruiert und der Ofen in dem zu beheizenden Raume aufgestellt.

Ehe die Verbrennungsprodukte nach dem Schornsteine entweichen, läßt man sie gewöhnlich in besonderen Zügen cirkulieren; dadurch kommt der größte Teil der Verbrennungswärme den Wandungen des Ofens zu gute und wird durch diese an den umgebenden Raum übertragen, und zwar nicht allein durch Strahlung, sondern auch durch Leitung. Es ist einleuchtend, daß bei Öfen guter Konstruktion nur derjenige Teil der Wärme verloren geht, welcher durch den Schornstein entweicht, und dieser Verlust beträgt nach Morin annähernd 15 Proz., so daß der Nutzeffekt sich auf 85 Proz. der entwickelten Wärme beziffert, wenn die Verbrennungsprodukte nicht allzu früh, d. h. nicht über 150° heiß entlassen werden. Was demnach Ersparnis an Brennmaterial anbelangt, so ist die Heizung mit Zimmeröfen derjenigen mit Kaminen bei weitem überlegen.

Von Einfluß auf den Brennmaterialverbrauch ist ferner die Luftmenge, welche während des Brennprozesses in den Ofen eintritt, weil der Wärmeverlust durch den Schornstein in geradem Verhältnisse zu dieser Luftmenge steht. Übermäßiger Luftzutritt, welcher — wie früher erwähnt — den Brennprozeß verlangsamt und die Heizgase abkühlt, läßt sich zwar jederzeit beheben — sei es durch zweckmäßigen Abschluß der Herdthür oder bei Rostfeuerung durch angemessene Konstruktion der Rostöffnung und der Aschenfallthür —, doch hängt der Heizeffekt nicht minder von richtiger Behandlung des Feuers ab. Wird nämlich der Ofen hinreichend mit Brennstoff beschickt und der Zug so geregelt, daß die Verbrennung lebhaft, schnell und mit hoher Temperatur vor sich geht, auch bei Abnahme des Materials der Luftzutritt gemindert: so kann man die in den Herd tretende Luft, also den Wärmeverlust, auf das zulässige Minimum beschränken. Wird dagegen eine unzureichende Menge Brennmaterial in den Feuerraum gelegt, das nun langsam, also mit niedriger Temperatur verbrennt, so unterhält man das Feuer in unvorteilhafter Weise, denn das überschüssige Luftquantum stimmt die Temperatur des Brennraumes herab und der Wärmeverlust durch den Schornstein wird bedeutender als im ersten Falle.

Nachdem das Feuer endlich ausgebrannt ist, hat man den Ofen zu schließen, damit er nicht durch Ströme kalter Luft abgekühlt werde. Dies geschieht entweder durch eine im Rauchrohre angebrachte Klappe, oder besser durch eine luftdicht schließende Thür, welche das Eintreten von Kohlendunst in das Zimmer verhütet.

Die Heizung der Öfen geschieht in der Regel, und zwar mit Vorteil, von innen, d. h. von dem zu erwärmenden Zimmer aus. Dabei kann das Feuer besser und unabhängig vom Dienstpersonal beaufsichtigt werden; es wird auch dem Feuer bereits erwärmte Luft zugeführt und gleichzeitig eine, für das Wohlbefinden der Bewohner immerhin wünschenswerte, Lufterneuerung hervorgebracht. Es dringt nämlich zum Ersatz der für den Brennprozeß erforderlichen Luft ein gleiches Quantum frischer Luft durch Thür- und Fensterfugen ein.

General Morin beziffert das auf solche Weise evakuierte Luftquantum freilich sehr gering, indem er angiebt, daß zur Verbrennung von

1 kg	Holz	in Öfen	nur	4 cbm	Luft
1 „	Kohle	„	„	6–7 „	„
1 „	Coaks	„	„	12 „	„

verbraucht werden, woraus er weiter folgert, daß derartige Öfen zur Ventilation ungeeignet sind, weil der Theorie nach auf diesem Wege erst in 10 Stunden die vollständige Erneuerung der Luft eines Zimmers bewirkt wird.

Von wesentlichem Einfluß ist sodann das Material der Öfen. Gegenwärtig benutzt man hauptsächlich das Eisen und den gebrannten Thon als Ofenbaumaterial, und zwar das Eisen in der Gestalt von Gußeisen und Eisenblech, den gebrannten Thon als glasierte Kachel oder als Mauerziegel.

Die charakteristischen Unterschiede beider Materialien beruhen auf ihrem abweichenden Verhalten zur Wärme in Bezug auf Wärmekapazität. Alle für die Anwendung vorteilhaften oder nachteiligen Eigenschaften sind aus diesem Verhalten zu erklären.

So erwärmt sich das Eisen als guter Wärmeleiter sehr schnell, giebt aber die Wärme auch ebenso schnell an die Umgebung ab und beginnt sofort nach Aufhören des Brennprozesses zu erkalten.

Thon dagegen, der die Wärme langsam leitet, bedarf zur Aufnahme wie zur Abgabe derselben längere Zeit.

Bei eisernen Öfen fällt das Maximum der Wärmeabgabe nahezu mit der höchsten Intensität des Feuers zusammen, während bei Thonöfen das Maximum erst nach Erlöschen des Feuers eintritt und demgemäß die Erwärmung der Umgebung weit über die Dauer des Feuers hinausreicht.

Die Wärme der Thonöfen ist eine successiv sich steigernde, gleichmäßig andauernde: die eisernen Öfen erzeugen eine höchst ungleichmäßige, vorübergehende und daher unter Umständen unzuträgliche Temperatur. — Morin beobachtete am hundertteiligen Thermometer in 0,5 m Abstand von einem eisernen Ofen 50°, in 2 m Abstand 36—39° C.

Wichtig ist sodann die Thatsache, die St. Claire-Deville und Troost auf Anregung von Morin 1868 nachgewiesen haben: daß das Gußeisen im rotglühenden Zustande für Kohlenoxydgas durchdringlich ist und daß die Luft in Berührung damit bis zu 0,0013 ihres Volums von diesem Gase aufnimmt. Es wurde konstatiert, daß das Blut in der Nähe des Ofens durch Aufnahme von Kohlenoxyd Veränderungen erlitt. Da nun die schädlichen Wirkungen nur eintreten, wenn das Eisen glüht, so empfiehlt sich als zweckmäßig eine Ausfütterung des Feuerraumes mit feuerfesten Steinen; dadurch wird die Überhitzung der Eisenteile vermieden, die Wärme aufgespeichert und eine gleichmäßigere Erwärmung des betreffenden Raumes erzeugt. Ungefütterte Eisenöfen sollten nur für Korridore oder Flure, die sich leicht ventilieren lassen, zur Anwendung kommen.

Um jede Überheizung zu vermeiden, sollte man daher die Heizflächen groß nehmen und schwach erwärmen, denn mit der Erhöhung der Temperatur steigt auch die Fähigkeit der Luft für Aufnahme von Wasserdampf und dadurch die austrocknende Wirkung auf die Bewohner.

Für gewöhnlich gleicht sich dieselbe zwar durch den Wasserverlust der Wände und Möbel einigermaßen aus; für den Menschen aber ist der Aufenthalt in trockner Luft unangenehm[1]), weil dann der Hautoberfläche viel Wasser entzogen wird und im Respirationstraktus das Gefühl der Trockenheit entsteht, unter welcher Bedingung fremde Körper — namentlich Staubteile — stark reizend wirken. — Durch ein am Ofen angebrachtes Wasserreservoir, in Form einer Schale oder Vase, läßt sich der Feuchtigkeitsgehalt der Luft erhöhen, obwohl mäßige Erwärmung der Luft (bis 25°) den Wassergehalt derselben nicht erheblich verändert.

Nachteile, die aus der Natur des einen oder des andern Ofenmaterials resultieren, können, unbeschadet der Vorteile, durch zweckmäßige Form umgangen, insbesondere durch Kombination beider Materialien die Nachteile ganz beseitigt werden. Man füttert aus diesem Grunde den Feuerraum des Eisenofens mit Thon aus, um das schnelle Durchbrennen zu verhüten; andererseits stellt man oft den Feuerkasten des Thonofens aus Eisen her, um eine schnellere Wärmeabgabe an die Zimmerluft zu erzwingen.

Für die Einteilung dem Material nach ergeben sich nun drei Gruppen von Öfen:

I. Eiserne Öfen,
II. Thönerne Öfen,
III. Gemischte Öfen;

sie sollen in den folgenden Paragraphen eingehend besprochen werden.

Der Konstruktion nach unterscheidet man:

Leitungsöfen und Massenöfen.

A. Die Leitungsöfen geben die entwickelte Wärme so schnell als möglich an die Zimmerluft ab. Repräsentanten dieser Gattung sind:

Die Kanonenöfen oder Säulenöfen, hohle gußeiserne Cylinder mit Heizthür und Blechrohr versehen, und

die Cirkulieröfen, von rechteckiger Form, welche sowohl in Eisen als in Thon konstruiert werden.

Die Übelstände der gewöhnlichen Säulenöfen führten zur Erfindung

der Füllöfen, welche für einen ganzen oder halben Tag Brennstoff fassen und in sehr vollkommener Art konstruiert werden; diese Öfen werden wohl auch Regulieröfen genannt.

B. Als Typen der Massenöfen sind die russischen und die schwedischen zu erwähnen. Sie haben 16 cm dicke Wandungen von gebrannten Steinen, welche durch starke Trennwände noch mehr Körper erhalten. Innerhalb dieser starken Umhüllung befinden sich eine Anzahl vertikaler Kanäle zur Leitung für die Verbrennungsgase. Der Abschluß dieser Öfen findet durch hermetischen Verschluß statt.

Der Unterschied in der Wärmeleitungsfähigkeit, Dicke und Länge der Feuerzüge und Ofenwandung bedingt zwei Arten der Feuerung:

1) die stätige Feuerung bei mäßig brennendem Feuer für dünnwandige Öfen;
2) die periodische Heizung für dickwandige Umhüllung; sie ist im Norden allgemein eingeführt.

Die Öfen mit eisernem Heizkasten (gemischtes System) verbinden die Vorteile beider.

1) Bei 50—70 Proz. der Sättigung fühlt sich der Körper behaglich.

§ 28.

Eiserne Öfen.

Das Eisen hat als guter Wärmeleiter die Eigenschaft, die Hitze schnell aufzunehmen. Da Ofenwände aus diesem Material nur eine geringe Stärke erhalten, so wird die im Feuerraum entwickelte Wärme leicht und schnell an die umgebende Zimmerluft übertragen. Infolge der bedeutenden Wärmestrahlung wird die Temperatur des Raumes sehr bald eine behagliche, aber nach dem Erlöschen des Feuers tritt freilich eine ebenso rasche Abkühlung des Ofens und somit des beheizten Raumes ein.

Da ferner Öfen aus Gußeisen bei richtiger Konstruktion auch dauerhaft sind und eine zierliche, ja selbst künstlerisch durchgebildete Form erhalten können, sind dieselben in vielen Gegenden so beliebt, daß es schwer hält, sie durch solche von anderm Material zu verdrängen. Auch läßt sich nicht leugnen, daß in Fällen, wo es sich um eine rasche, aber nur kurze Zeit dauernde Erwärmung handelt — wie in Schlaf- und Logierzimmern der Hôtels —, sie sich schwer ersetzen lassen.

Wo dagegen, wie in Krankenzimmern, eine andauernde und gleichmäßige Erwärmung erforderlich ist, da sind Vorkehrungen angezeigt, welche das Ausstrahlen der Hitze mildern, sonst erfüllt die Ofenkonstruktion die Anforderungen nicht, welche man berechtigt ist an sie zu stellen, sie wird unpraktisch, ja unbrauchbar.

Kommt also bei jeder rationellen Ofenkonstruktion außer dem Brennstoff auch der Zweck, dem sie dienen soll, in erster Linie mit in Betracht, so ist hierdurch der Grund und die Berechtigung der vielen und verschiedenen Ofenkonstruktion der Neuzeit angedeutet.

Indessen lassen sich doch gewisse allgemeine Bedingungen aufstellen, denen die Konstruktion gerecht werden muß, nämlich:

1) Der Ofen soll sparsam sein im Verbrauche des Brennstoffes;
2) von der erzeugten Wärme soll möglichst wenig durch den Schornstein verloren gehen;
3) die Zimmertemperatur soll sich möglichst lange auf einer gewissen Höhe erhalten und wenig Schwankungen zeigen;
4) mit der Heizung soll eine entsprechende Ventilation verbunden sein.

In der That zeigen die eisernen Öfen neuerer Konstruktion, daß man fortgesetzt bemüht ist, die Übelstände, welche aus dem Material entspringen, bis zu einem gewissen Grade zu beseitigen. Diese Versuche werden sich am leichtesten bei der Besprechung der einzelnen Ofengattungen erläutern lassen. Wir beginnen mit der einfachsten Form eiserner Öfen.

I. Dem Cylindrischen oder Säulenofen, auch Kanonenofen genannt. Ein solcher Ofen besteht (vergleiche Fig. 71) aus einem oder mehreren Cylinderstücken, welche sich falzähnlich ineinander einsetzen und zum Zweck der Dichtung in den Fugen mit Lehm oder Chamottemörtel ausgestrichen werden.

Der Cylinder a wird auf einen sockelähnlichen Fuß gestellt und oberhalb durch einen dichtschließenden Deckel geschlossen, unter welchem sich das Rauchrohr b abzweigt, das die Verbindung mit dem Schornstein herstellt.

In dem erweiterten cylindrischen Teil ist der Feuertopf d eingesetzt, an dessen unterm Ende der Rost h liegt, der durch die Feuerthür F mit Brennmaterial beschickt werden kann. Dieser Feuertopf schützt die Ofenwandungen vor dem Erglühen, was namentlich bei Coaksfeuerung angezeigt ist, welche eine sehr intensive Hitze giebt. Unter dem Rost, in dem achteckigen Sockel, befindet sich der Aschenkasten g. Der Abschluß nach unten erfolgt durch das achtseitige Postament (Fig. 72), das auf eine Sandsteinplatte aufgesetzt wird, um die Dielung vor dem Durchbrennen zu schützen. Das Rauchrohr wird gewöhnlich erst in größerer Höhe, näher der Decke, in den Schornstein eingeleitet, oder auf- und niedergeführt, ehe dasselbe einmündet, um auf diese Weise den Heizgasen noch einen Teil der Wärme zu entziehen und dadurch die Heizkraft des Ofens zu erhöhen.

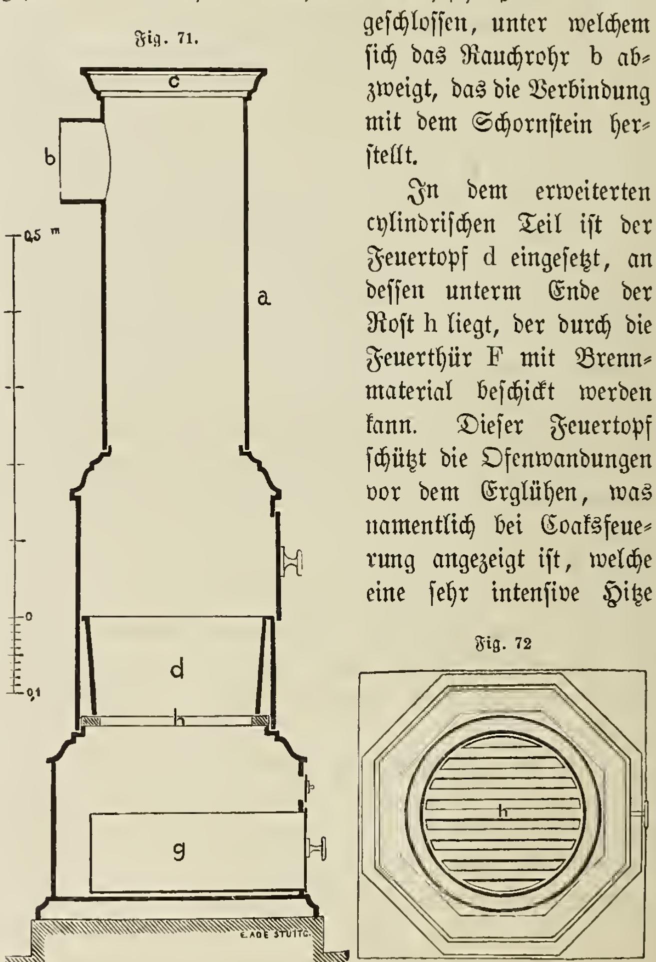
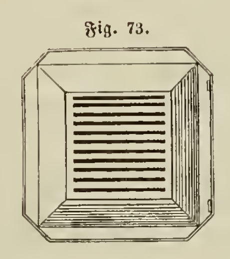


Fig. 71. Fig. 72

Ungeachtet dessen ist der Wärmeverlust bei diesen Öfen erheblich genug, weil die Feuergase zu heiß in den Schornstein eintreten, man pflegt daher auch durch Einsetzen einer

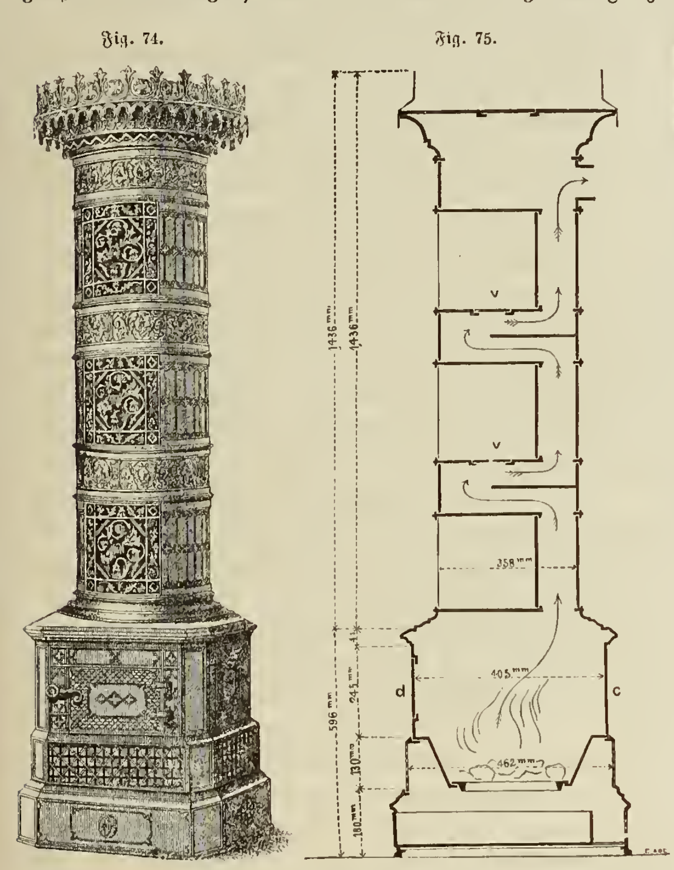
vertikalen Zunge g — (wie solche der Regulierofen Taf. 9, Fig. 5 zeigt) — den Verbrennungsprodukten einen längern Weg vorzuschreiben, was namentlich dann angezeigt ist, wenn ein Brennmaterial, welches lange Flamme erzeugt, verwendet werden soll, z. B. Holz oder fette Kohle.

Fig. 73.



Solche Konstruktion zeigt der nebenstehend in den Figuren 73 bis 75 dargestellte Säulenofen der Eisengießerei Königshütte bei Lauterberg im Harz.

Fig. 74. Fig. 75.



Der Cylinder ist hier, ähnlich den noch zu besprechenden Cirkulieröfen, durch horizontale Platten in mehrere etagenförmige Abteilungen gebracht, die auch im äußern Aufbau Anlaß zu einer glücklichen Horizontalteilung bieten. Dadurch wird der Weg, den die Heizgase zurückzulegen haben, ein erheblich größerer und es entstehen gleichzeitig drei nischenartige Vertiefungen, deren Flächen die Heizwirkung durch Strahlung und Leitung verstärken. In der Gegend des Feuertopfes ist der Mantel ebenfalls mit Durchbrechungen versehen, so daß auch um den Feuertopf Luftcirkulation stattfindet. Dadurch wird derselbe vor dem Glühendwerden geschützt und die am Fußboden stagnierenden kalten Luftschichten werden angesaugt und erwärmt. Der Aufbau erfolgt durch eine größere Anzahl ornamentierter Cylinderstücken, welche mit Platten etagenähnlich abgedeckt werden. Eingefügte horizontale Zungen verlängern den Weg der Heizgase. Die vom Feuer stark bestrichenen Deckplatten v der Züge sind aus vier Stücken, falzähnlich sich überdeckend, hergestellt, um das Springen bei starker Erhitzung zu vermeiden. Der Durchmesser des Cylinders beträgt 35 cm, die ganze Höhe des Ofens 2 m. Da Feuertopf und Rost frei eingehängt sind, so können dieselben, wenn erforderlich, leicht ausgeschaltet und durch neue Stücken ersetzt werden. Der Aschenkasten ist auf eisernen Winkelschienen verschieblich angebracht und mit Zugregulierung versehen. Im architektonischen Aufbau sind die Wärmenischen mit zierlich durchbrochenem Ornament geschlossen (vgl. Fig. 74), um das Ausstrahlen der Wärme zu erleichtern. — Bei Anwendung von Holz und fetten Kohlen, welche ein langflammiges Feuer geben, sucht man dadurch den Weg des Feuers im Ofen zu verlängern, daß statt der Cylinderform eine parallelopipedische Form gewählt wird. Öfen dieser Art sind im Handel verbreitet unter dem Namen:

II. Cirkulieröfen oder Etagenöfen.

Ein derartiger Etagenofen, brauchbar für Holz- und Kohlenfeuerung, ist Fig. 76 im Durchschnitt dargestellt; Fig. 77 zeigt zwei Horizontalschnitte durch den Feuerkasten, in Höhe von C resp. B. In Fig. 76 ist a der Feuerkasten mit Rost b und vorliegender Schutzplatte l, welcher durch die Thür k beschickt wird. Die obere Platte des Kastens a ist mit einer Öffnung versehen, durch welche die Verbrennungsprodukte in der Richtung des Pfeiles in den vertikalen Zug und aus diesem in den horizontalen Zug gelangen. Auf solche Weise wechseln horizontale und vertikale Züge bis zur obern Einmündung in das Rauchrohr ab. Dieser obere Teil des Ofens von C aufwärts heißt der „Aufsatz“ und jede Kombination eines vertikalen und horizontalen Zuges eine „Etage“. Gewöhnlich kommen Öfen mit drei oder vier Etagen zur Anwendung. Durch diese Konstruktion wird eine nicht unbedeutende Vermehrung der Heizfläche erzielt und der Weg des Feuers verlängert, also den Gasen eine größere Menge Wärme entzogen, ehe sie in den Schornstein treten. Bei Anwendung von Holzfeuerung kann der Rost und Aschenkasten entbehrt werden.

Die Zusammensetzung dieser Öfen ist eine sehr einfache, indem die vertikalen Tuben ff in die Falze der vortretenden horizontalen Deckplatten d d eingreifen. Die

Öffnungen zwischen den Tuben werden mittels durchbrochener gußeiserner Platten geschlossen, welche eine Cirkulation der Zimmerluft gestatten. Auf den Guß der Platten muß große Sorgfalt verwendet werden, um sie genau eben herzustellen, besonders aber sind die Falzplatten des Feuerkastens durch angemessene Verbindung vor dem Springen zu schützen. Dies wird in vollkommener Weise durch Ausfütterung des Feuerkastens mit Chamottesteinen bewirkt, wie sie unter andern bei den Regulieröfen viereckiger Grundform des Eisenwerkes Lauchhammer (Provinz Sachsen) eingeführt und in Fig. 86 und 87 dargestellt ist.

Fig. 76.

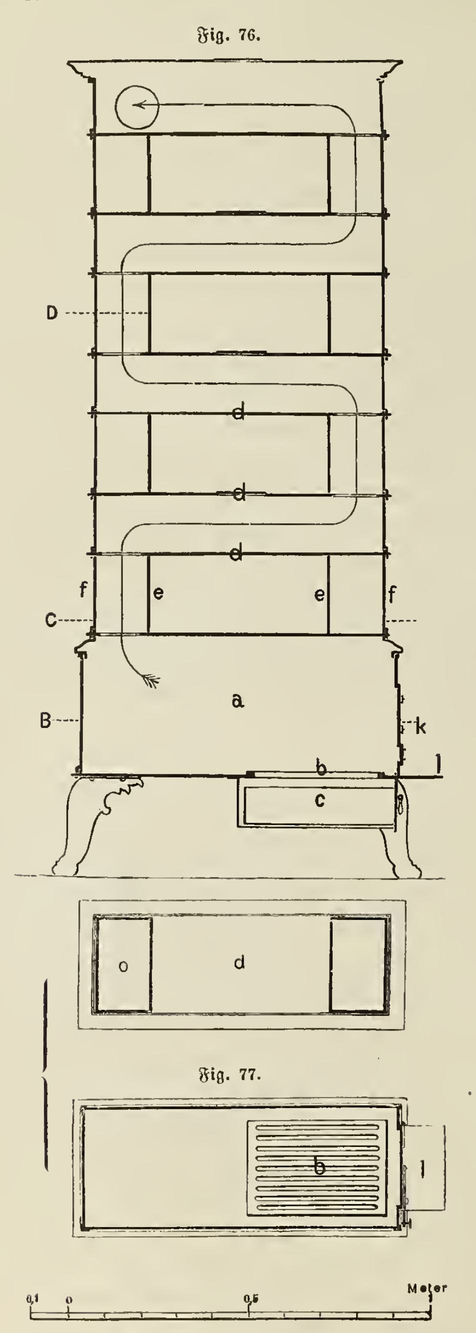


Fig. 77.

Aber die geschützte Anordnung des Feuertopfes der Säulenöfen und die Ausfütterung des Feuerkastens der Etagenöfen können die Übelstände der lästigen Wärmestrahlung, die den vorgenannten eisernen Öfen anhaftet, nicht ganz beseitigen. Ferner ist erfahrungsmäßig eine konstante Beaufsichtigung des Ofens erforderlich, wenn der Brennprozeß normal vor sich gehen soll. Geschieht dies nicht, so erlischt das Feuer, der Ofen erkaltet und die Zimmertemperatur sinkt herab. Für Ventilation ist dabei in keiner Weise gesorgt.

Erst in den letzten Decennien ist man bemüht gewesen, den Bedingungen, welche sich an eine rationelle Heizmethode stellen lassen, mehr und mehr gerecht zu werden und man hat dies erreicht:

1) dadurch, daß der Heizkörper mit einem Mantel umgeben wird, der die Strahlung der erhitzten Eisenflächen aufhebt (Mantelöfen);
2) dadurch, daß das Brennmaterial in einem Füllschacht und für längere Zeitdauer (6—12 Stunden) aufgegeben wird (Füllöfen);
3) indem der Füllofen gleichzeitig als Mantelofen konstruiert und mit der Heizung auch eine angemessene Zimmerventilation verbunden wird.

Die Beschickung dieser Öfen ist alsdann eine periodische, der Brennprozeß ein stätiger. Der Füllschacht wird hierbei von oben her oder seitlich mit staubfreiem Brennmaterial gespeist, dieses in Glut gebracht, dann der Ofen geschlossen und die Verbrennung so reguliert, daß nur eine bestimmte normale Temperatur erzeugt wird. Solche Öfen werden im Handel „Regulierfüllöfen" genannt.

Vorteile: Die langsam fortglimmende Kohlenmasse erzeugt eine ebenso gleichmäßige Wärmeabgabe wie ein Kachelofen, ohne daß die guten Eigenschaften des eisernen Ofens — schnelles Anheizen und Erwärmen — dabei verloren gehen. Gelingt es auch, eine vollständige Verbrennung zu erzielen, so liegt die Ersparnis, welche unter günstigen Verhältnissen bis 50 Proz. beträgt, auf der Hand.

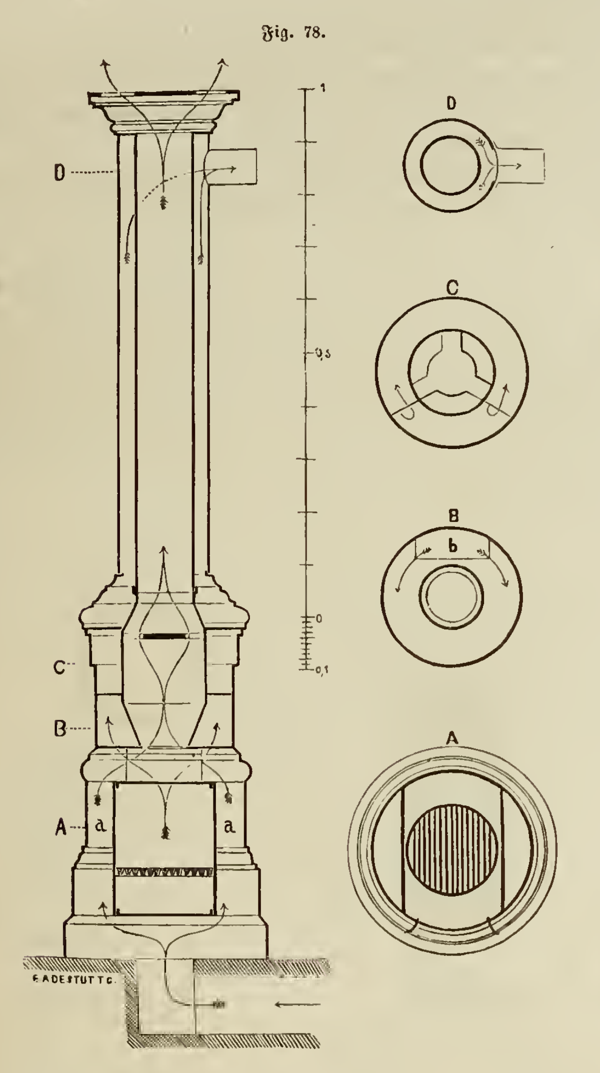
Die besseren Eisengießereien sind ernstlich bemüht gewesen, ihre Fabrikation im Sinne zeitgemäßer Anforderungen umzugestalten, und so sind eine große Anzahl von Ofenkonstruktionen hervorgegangen, bei welchen die Benutzungsart, der Zweck und das anzuwendende Brennmaterial mancherlei Modifikationen entstehen lassen. Der Rahmen dieses Werkes gestattet nur hervorragende Konstruktionen, welche durch Einfachheit und Zweckmäßigkeit sich Anerkennung erworben haben, hier vorzuführen. Die Reihenfolge entspricht möglichst der historischen Entwickelung.

§ 29.

Verbesserte Einrichtungen eiserner Öfen.

1) Ofen von Leras. Bereits im Jahre 1862 wurde von dem Architekten Leras in Besançon ein zweckentsprechender Ofen zur Heizung und Ventilation größerer Räume konstruiert und 1867 in Paris ausgestellt. Er hat die Form des Säulenofens, besteht aus zwei ineinander gesetzten Cylindern von Eisenblech (Fig. 78), von

Fig. 78.



denen der innere für die Luftcirkulation, der ringförmige Raum zwischen den Cylindern für die Bewegung der Feuergase dient. Die letztern strömen aus dem hinteren Teil des eisernen Feuerkastens a durch die Öffnung b aufwärts in den ringförmigen Kanal (vgl. Horizontalschnitt bei B), und nachdem sie ihre Wärme an die Wände des Luftkanals und den Ofenmantel abgesetzt haben, entweichen sie durch das, dicht unter der Decke des Ofens mündende, Rohr in den Schornstein (Schnitt bei D). Die, durch einen Kanal unter dem Fußboden eintretende, atmosphärische Luft umspielt dagegen den Feuerkasten, tritt dann in den mittlern Cirkulationscylinder in der Richtung der Pfeile ein und entweicht, nachdem sie sich erwärmt hat, durch die Decke des Ofens ins Zimmer. Die vier Horizontalschnitte bei A, B, C, D deuten den Gang der Feuergase in den verschiedenen Höhen an.

Zwei andere Öfen der Pariser Weltausstellung von 1867 seien hier erwähnt, welche zuerst die Speisung der Luft mit Wasserdampf durch angebrachte Behälter einführten. Es sind der Ofen von Anez und der Ofen von Gourney. Der letztere hat sich in England, Frankreich und Rußland Eingang verschafft und soll hier näher besprochen werden.

2) Der Gourneyofen (Fig. 79 im Durchschnitt) ist als Füllofen konstruiert und Fig. 80 im Grundriß dargestellt.[1]) Derselbe ist sehr massiv in Eisen mit stark vorspringenden senkrechten Rippen gegossen, wodurch auch eine vermehrte Heizoberfläche erzielt wird. Über dem Sockel b des Ofens ist ein ringförmiges Wassergefäß a angebracht, welches mit einem Kranz von Öffnungen umgeben ist. Mit diesen Löchern korrespondieren dann zwei Reihen von Öffnungen v im Sockel des Ofens, durch welche die Luft unter den Rost geführt wird.

Der Rost ist aus einem Stück gegossen und etwas gebaucht. Die Füllung geschieht durch die Füllthür d, welche dem Abzugsrohre gegenüber angebracht ist, die Öffnung c dagegen dient zum Anzünden des Brennmateriales und zum Schüren des Feuers. Die Zimmerluft strömt vom Fußboden aus zwischen den eisernen Rippen empor, wo sie sich erwärmt und gleichzeitig mit Wasserdampf sättigt, denn mit zunehmender Wärme vermehrt sich auch die Fähigkeit der Luft Wasser aufzunehmen. Die Wandungen sind sehr massiv gegossen, um sie widerstandsfähig zu machen; Reparaturen kommen nicht vor.

Es ist einleuchtend, daß durch Einführen frischer atmosphärischer Luft unter den Sockel auch eine Ventilation des Zimmers erzielt werden kann.

Der in unserer Figur dargestellte Ofen hat 0,60 m Durchmesser bei 1,25 m Höhe und ist angeblich zur Erwärmung von 1200 cbm Innenraum ausreichend. Die kleinste Gattung von 0,40 m Diameter und 0,80 m Höhe heizt 200 cbm Zimmerraum.

Es kann nicht unerwähnt bleiben, daß zur Beschickung der Füllöfen mit Vorteil nur die besseren Kohlensorten verwendet werden können, weil kleine Kohlen (Kohlengries) sich festballen und den Durchgang der Luft verhindern: Am zweckmäßigsten sind für die Beschickung nußgroße Stücken. Werden Steinkohlen und schwere Braunkohlen als Brenn-

1) Buchner, Ofenheizung auf der Pariser Ausstellung 1867. Morlock, die Heizung mit Zimmeröfen.

material benutzt, so sind diese in den Füllraum einzubringen und dann von oben her durch ein Holzfeuer zu entzünden: es muß demnach ein vollständiges Ausbrennen erfolgen, ehe der Ofen aufs neue beschickt werden kann.

Fig. 79.

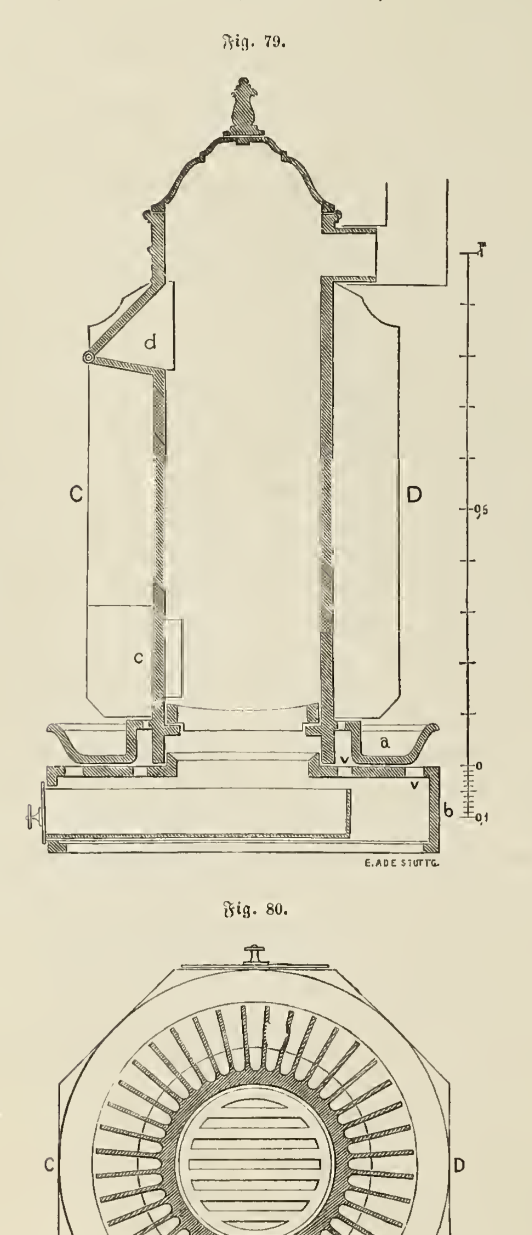


Fig. 80.

Bei sehr aschenreichem Brennmaterial muß der Rost von Zeit zu Zeit von der angesammelten Asche befreit werden, um der Luft hinreichend Durchgang zu gestatten.

Bei leichteren Braunkohlen, Torf und Coaks wird dagegen ein Holzfeuer auf dem Rost entzündet und dann werden die Kohlen aufgefüllt, was nach Bedarf wiederholt wird.

Die für diesen Zweck eingeführten beweglichen Roste haben sich nicht bewährt.

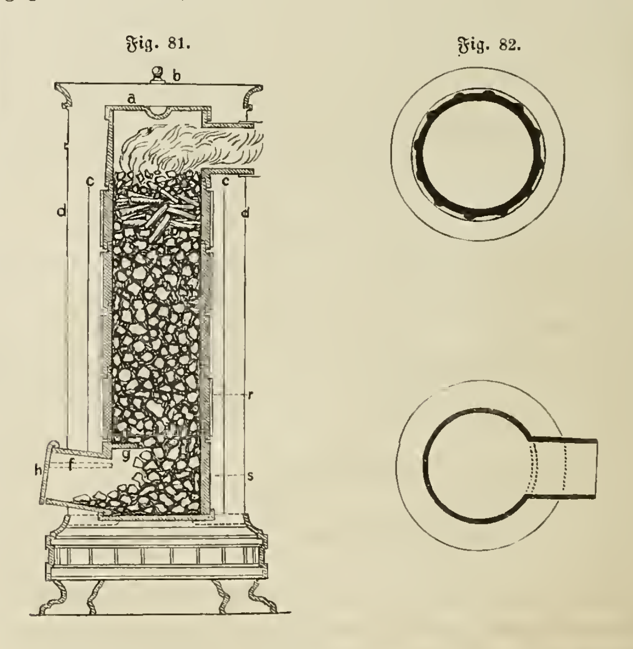
In Deutschland haben die Füllöfen in den letzten beiden Decennien einen bedeutenden Eingang gefunden und werden hier von verschiedenen Gießereien mit mancherlei Modifikationen ausgeführt. Wir nennen, als die verbreitetsten, folgende:

1) den Regulierfüllofen von Meidinger;
2) den Regulierofen von Kustermann (Patent Rist);
3) den Regulierofen von Geiseler in Berlin;
4) den Regulierofen des Eisenwerkes Lauchhammer für aschenreiches Brennmaterial;
5) den Regulierfüllofen mit Zugwechsel von Culmann zu Augustfehn (Oldenburg).

1. Der Füllofen von Dr. Meidinger.

Derselbe wurde ursprünglich für die Deutsche Nordpolexpedition bestimmt und hat sich durch Einfachheit der Form, Zweckmäßigkeit und Billigkeit schnell eine große Verbreitung erworben. Er besteht aus einem gußeisernen Füllcylinder mit Sockel und einem doppelten Blechmantel[1]) (Fig. 81 und 82).

Fig. 81. Fig. 82.



Der Füllcylinder ist aus mehreren Teilen zusammengesetzt, nämlich: einem unteren Ringe s mit schrägansteigendem Halse und hermetisch aufgeschliffener Thür h (diese Thür läßt sich ganz aufklappen oder zur Regulierung des

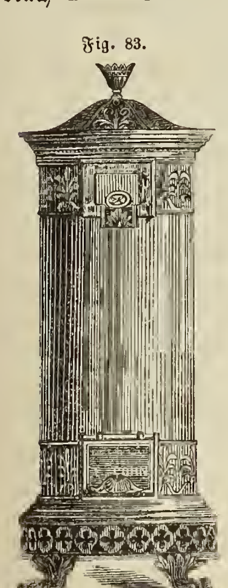
1) Prospekt der Kaiserslauterer Fabrik 1870; und Katalog der Kasseler Spezialausstellung 1877.

Zuges seitwärts verschieben), drei bis vier Mittelringen r, welche zur Vergrößerung der Heizfläche und der Haltbarkeit mit Rippen versehen sind (Fig. 82), und dem obern Ringe mit Rauchrohransatz und Deckel a. Sämtliche Ringe werden durch zwei Stangen mit Muttern zu einem festen Cylinder verbunden. Der innere Mantel c von Blech ist lose eingehängt und mit Wasserglas angestrichen, um den äußern Mantel d d vor der strahlenden Wärme des Füllcylinders zu schützen. Der Mantel d wird je nach Bestimmung aus Blech, oder ornamentiert aus Gußeisen hergestellt und am Sockel festgeschraubt; der Sockel und der Manteldeckel sind durchbrochen. Eine Ausfütterung des Füllcylinders findet nicht statt, auch hat derselbe einen Planrost nicht erhalten, dagegen soll die Asche öfter durch einen provisorischen Gabelrost entfernt werden, der bei f eingeschoben wird. Damit bei Öffnung der Thür die Kohlen nicht herausfallen, ist oberhalb die Leiste g angebracht.

Der Raum zwischen Füllcylinder und Mantel kommuniziert nun ober- und unterhalb frei mit dem Zimmer; die unten einströmende Luft tritt oben stark erwärmt aus und die lästige Strahlung wird hierbei fast vollständig vermieden.

Die Beschickung des Ofens erfolgt von oben mit Hilfe eines Trichters. Der Füllcylinder wird zunächst mit nußgroßen Stücken Steinkohle oder Coaks bis 20 cm unterhalb des Rauchrohres angefüllt, dann $^1/_2$ kg Holz aufgelegt und in Brand gesteckt, hierauf der Deckel geschlossen. Nach 1—2 Stunden ist die Verbrennung unten angelangt und findet nur noch von unten statt, der obere Brennstoff sinkt langsam nach. Brennt man Coaks, so kann man beliebig nachfüllen und das Feuer kontinuierlich unterhalten. Die Asche wird täglich mit Hilfe des Gabelrostes entfernt und zu diesem Zweck die Thür aufgeklappt. Um die Brennstoffstücke in richtiger Größe zu gewinnen, sind die Kohlen vorher zu sieben; auch ist beim Einfüllen der Fülltrichter unerläßlich, damit nicht Kohlenstücke in den Zwischenraum zwischen Mantel und Cylinder fallen und die Luft durch Kohlendunst verunreinigen. Alles dies verlangt eine sehr sorgsame Bedienung des Ofens und wird allerdings nur da, wo solche vorhanden, der Heizeffekt und die Reinheit der Luft zufriedenstellend sein. Über den Heizeffekt des Ofens von Meidinger hat Dr. Zwick in Coblenz eingehende Versuche angestellt und veröffentlicht.[1]) Da bei dem Nachfüllen der Deckel aufgehoben werden muß, wobei kaum zu vermeiden ist, daß Kohlengeruch in das Zimmer dringt, so hat die Fabrik auch die Füllung von der Seite eingeführt, wie sie schon der Ofen von Gourney zeigte. Fig. 83 giebt eine Ansicht des Meidinger'schen Ofens mit seitlicher Füllthür und unterer Regulierthür.

Fig. 83.

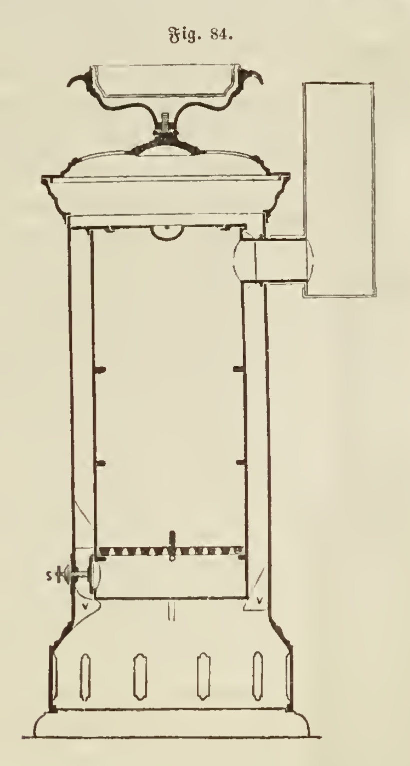


Wenn endlich neben der Cirkulation auch Ventilation verlangt wird, dann erhält der Ofen einen geschlossenen, aber durchbrochenen Fuß und eine separate Kanalleitung für frische Luft.

2. Der Regulierofen von Kustermann in München. (Fig. 84.)

Derselbe ist in Anordnung und Bedienung von den vorigen durchaus abweichend. Der innere Füllcylinder ist in gleichen Abständen mit drei angegossenen Flanschen versehen, auf welche der Rost gelegt werden kann, so daß für verschiedene äußere Temperaturen verschiedene Mengen Brennmaterial eingelegt werden können. Das cylindrische Füllgefäß ist mittels eines Henkels transportabel gemacht, es wird außerhalb des Zimmers gefüllt und nach dem Ausbrennen entleert, wodurch große Reinlichkeit und Geruchlosigkeit im Zimmer erzielt werden. Das Füllgefäß ruht auf vier unterhalb am Mantel angegossenen Knaggen v v.

Fig. 84.



1) Dr. H. Zwick, die Zimmeröfen der letzten 10 Jahre. Leipzig.

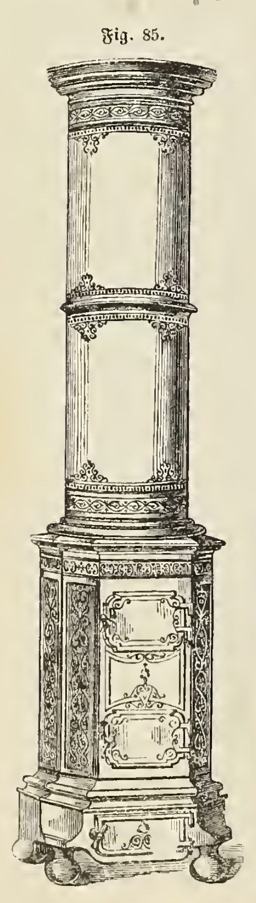
Mittels einer Regulierschraube s tritt die zur Verbrennung nötige Luft unterhalb des Rostes ein und kann der Zug nach Erfordern gemäßigt werden. Durch Öffnungen im Sockel des Mantels tritt — wie in voriger Nummer — die Zimmerluft in den Zwischenraum zwischen Mantel und Füllcylinder und sodann erwärmt durch den durchbrochenen Deckel des Mantels in das Zimmer. Die aufgesetzte Vase dient zur Wasserverdunstung.

Die Öfen verbesserter Konstruktion von Kustermann werden auf den bayerischen Staatsbahnstrecken allgemein verwendet und haben einen Preis von nur 36 Mark.

3. Ventilierfüllöfen von Geiseler in Berlin.

Dieser auf Tafel 9 im Vertikalschnitt und in vier Horizontalabschnitten dargestellte Ofen besteht wiederum aus einem gußeisernen Füllcylinder mit angegossenen Rippen, welcher aber im Innern mit Chamotte 5 cm stark ausgesetzt ist. Es soll dadurch eine übermäßige Erhitzung der Eisenflächen des Brennraumes vermieden werden. Auf diesen Rippenheizkörper setzt sich mit falzähnlicher Überdeckung der glatte Heizcylinder f, welcher oberhalb durch eine Kalotte h geschlossen und durch eine vertikale Zunge g geteilt ist, um den Weg der Heizgase im Ofen zu verlängern. Außer dem Rost b ist ein Hängerost angebracht. Diesen Innenofen umgiebt ein ebenfalls gußeiserner, 4 mm dicker, vertikaler Mantel, welcher die strahlende Wärme abhält. Drei Hälse verbinden den Füllcylinder mit dem Mantel und werden durch luftdichte Thüren fest geschlossen. Die obere Thür dient zum Aufschütten des Brennmaterials, die mittlere zum Reinigen der Roste, die unterste schließt den Aschenbehälter ab und wird zum Regulieren des Zuges benutzt.

Fig. 85.



Die Bedienung geschieht in der Art, daß bei geöffneten Thüren und eingehängtem Treppenrost der Brennschacht mit Brennmaterial (Kohle oder Coaks) gefüllt, kleines Holzfeuer angezündet und nun zuerst nur die Einfüllthür geschlossen wird. Nach etwa $^1/_4$ Stunde hat das Feuer 15—20 cm nach unten gegriffen; nun wird auch die Zugthür und die Aschenthür geschlossen und der Ofen sich selbst überlassen. Er brennt circa 12 Stunden. Schnellere Erwärmung des Raumes bei größerem Verbrauche von Brennmateral erzielt man durch Lüften der Aschenthür. Der äußere Mantel des Geiseler'schen Ofens besteht, wie nebenstehende Ansicht (Fig. 85) zeigt, aus dem Untersatz, dem achteckigen Postament, zwei cylindrischen Stücken und einigen Gesimsen, welche wegen des leichtern Polierens aus mehreren Ringen bestehen. Die Deckplatte ist durchbrochen, damit die am Fuße desselben eintretende Zimmerluft oben erwärmt ausströmen kann, wie durch die Richtung der Pfeile in Taf. 9, Fig. 1 und 5, angedeutet ist. (Cirkulationsheizung.) Durch eine mit Wasser gefüllte Vase auf dem Deckel des Ofens wird leichte Verdunstung (nicht Verdampfung) unterhalten. Die Öfen werden entweder roh mit Graphitüberzug oder poliert geliefert, mit mattiertem oder bronziertem vertieftem Ornamente. Nach polizeilicher Vorschrift sind eiserne Öfen auf eine Tafel Eisenblech oder eine Steinplatte zu stellen.

Vorteile dieser Öfen sind:

a) Der niedrige Brennschacht, wodurch Verstopfungen in demselben vermieden werden.

b) Durch seitliches Einfüllen des Brennmaterials wird das Rauchen beim Anzünden des Feuers ganz beseitigt;

c) die Luft behält ihren Feuchtigkeitsgehalt.

Die polierten Öfen eignen sich durch ihre elegante Form auch für reich ausgestattete Zimmer.

Die Heizkraft des auf Taf. 9 dargestellten Ofens ist ausreichend für einen Raum von 180 cbm Inhalt.

4. Regulieröfen des Eisenwerkes „Lauchhammer“.

Diese sind namentlich für aschenreiches Brennmaterial bestimmt und unterscheiden sich von den vorgenannten durch die Konstruktion des Unterkastens (Fig. 86). Es ist bezeichnet: die Füllthür mit 1, die luftdicht schließende Regulierthür mit 2, mit 3 die Regulierschraube; der eingehängte Treppenrost 4 hindert das Herausfallen der Kohlen. Der Feuerrost wird eingemauert. Die Wände des Unterofens sind mit Chamotteplatten ausgefüttert, so daß ein Brennschacht entsteht, dessen Abmessungen durch die Breite und Länge des Feuerrostes bestimmt werden. Über dem Roste geht zu beiden Seiten des mittleren Brennschachtes ein seitlicher Zug aufwärts, von welchem die Gase wie gewöhnlich in den Abzugskanal ziehen. Bei aschenreichen Kohlen soll dadurch der Zug gefördert werden und da der Brennraum ganz von warmer Luft umgeben ist, wird auch eine vollständige Verbrennung ermöglicht; für Braunkohlen ist der Brennschacht trichterförmig anzulegen. Der obere Aufsatz des Regulierofens weicht von demjenigen der gewöhnlichen

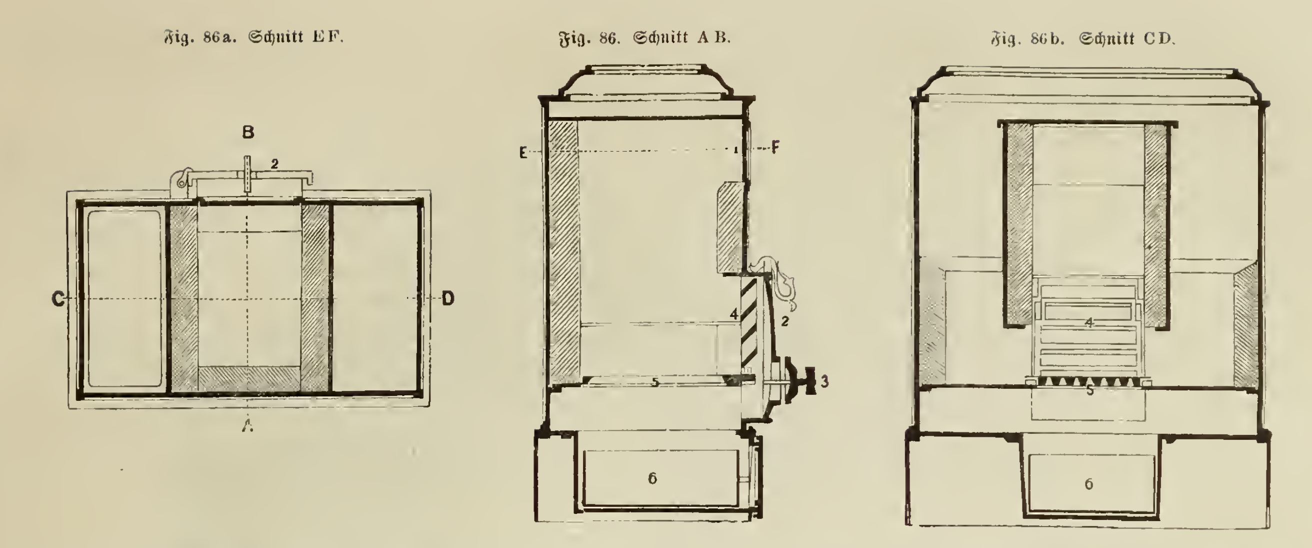


Fig. 86a. Schnitt EF. Fig. 86. Schnitt AB. Fig. 86b. Schnitt CD.

Etagenöfen nicht ab, bietet auch nichts Neues in der Konstruktion.

5. Regulierfüllöfen mit Zugwechsel, Patent Cullmann (zu Augustfehn in Oldenburg).

Da bei den Füllöfen die Luft von unten eintritt und auf ihrem Wege zum Schornstein — wenigstens bei ununterbrochenem Betriebe — die ganze Brennstoffschicht durchstreichen muß, so kann nur ein lose geschichtetes Material, welches dem Luftdurchzug kein Hindernis bietet, mit Vorteil Verwendung finden. Daher verlangen sämtliche vorher genannte Füllöfen Beschickung mit einem rein gesiebten Brennmaterial in nußgroßen Stücken (Steinkohle oder Coaks. Bei ununterbrochenem Betriebe dürfen sogar nur Coaks angewendet werden.

Diesen Übelständen der Füllöfen wird durch die Zugwechselvorrichtung (Patent Cullmann) abgeholfen, indem (Fig. 87) die bewegliche Klappe D den Feuerraum nach oben abschließt. Hierbei ist die Zugrichtung eine umgekehrte, d. h. die durch den Hängerost d eintretende Luft muß durch den feuerfesten Planrost c nach unten ziehen; die über c lagernde Brennstoffschicht kann also nicht hindernd auf den Zug wirken, darf sogar mäßig hoch und selbst dicht lagernd sein. Die im Brennschacht entwickelten Gase müssen demzufolge die glühende Brennschicht abwärts durchziehen und hierbei vollständig verbrennen. Da das Brennmaterial durch die Füllthür an der kältesten Stelle aufgegeben wird, so sinkt dasselbe langsam und vorgewärmt zum Verbrennungsherde nieder; dieser Umstand gestattet auch die Verwendung von Torfgrus und Sägespänen als Brennmaterial.

Die Umsetzung der Zugrichtung geschieht, wie aus Fig. 87 ersichtlich, mittels einer Drehklappe, auf deren Achse außerhalb ein Pfeil angebracht ist, der als Drehungshebel dient und gleichzeitig die Zugrichtung anzeigt.

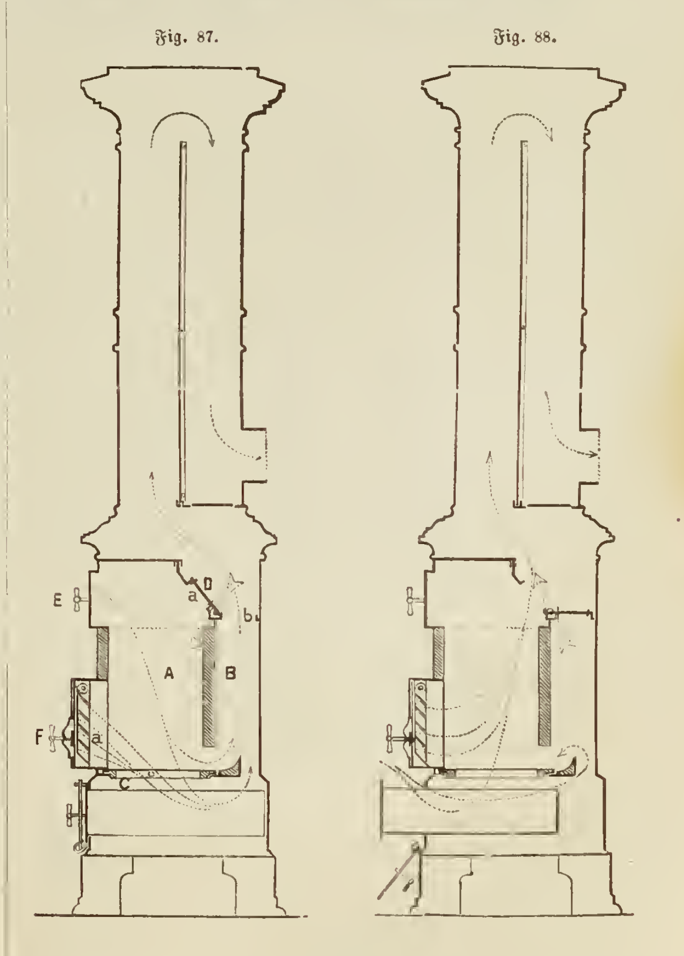


Fig. 87. Fig. 88.

Bedienung. Das Anheizen geschieht in gewöhnlicher Weise, indem der entzündete Brennstoff auf den Rost gelegt und der Aschenkasten herausgezogen wird. Hierbei ist die

Zugrichtung nach oben am zweckmäßigsten. Ist andererseits das Feuer erst gut angebrannt und der Rost mit einer glühenden Brennschicht bedeckt, so füllt man den Brennschacht vollständig, schließt den Aschenkasten und dreht den Pfeil nach unten.

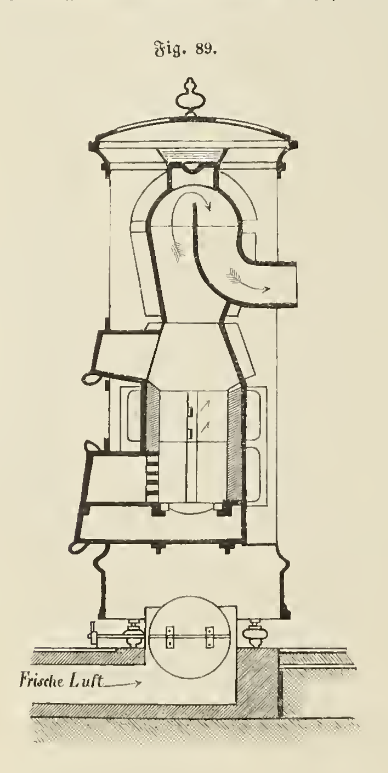
§ 30.

Mantelöfen.

Schon Schinz hatte vor mehr als 3 Decennien darauf hingewiesen [1]), daß eiserne Öfen zur Erzielung einer gleichmäßigeren Transmission ummantelt werden müßten, da erfahrungsgemäß die Geschwindigkeit der innerhalb der Hülle strömenden Cirkulationsluft bedeutend vergrößert und die lästige Wirkung der strahlenden Wärme durch den Mantel behoben wird. Er schlug ferner vor, im Ofen geeignete Wärmereservoire zu schaffen, welche die schnelle Abkühlung der eisernen Ofenwände verhindern.

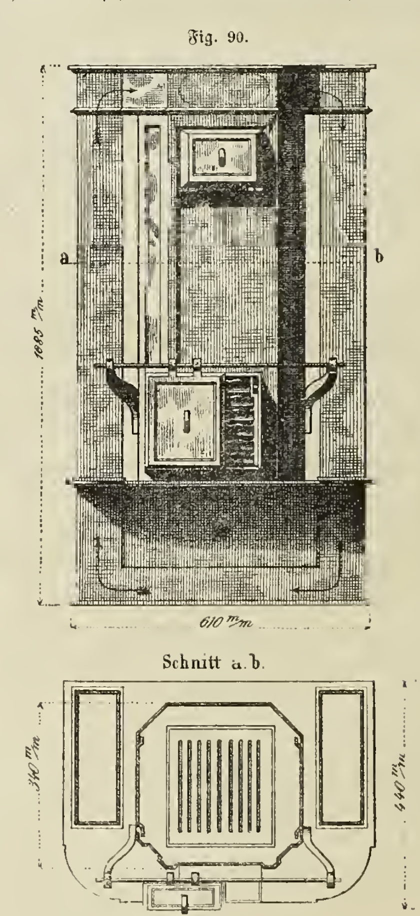
Die besseren Füllöfen haben, nach dem Vorgange von Leras, sich zum größern Teil das Prinzip der Cirkulation angeeignet. Dabei wird entweder ein Strom frischer Luft von außen zugeführt und in dem ringförmigen Raume zwischen Mantel und Heizkörper erwärmt, so daß mit der Heizung auch Lüftung verbunden werden kann, oder es wird durch den Mantel nur eine Cirkulation der Zimmerluft herbeigeführt und gleichzeitig die strahlende Wärme abgehalten. Die in § 29 dargestellten Regulierfüllöfen von Meidinger, Kustermann, Geiseler, sind ebenfalls als „Mantelöfen" konstruiert.

Fig. 89.



Empfehlenswert ist der nach dem „System Sturm" in Würzburg konstruierte Ventilationsmantelofen mit Füll- und Regulierbetrieb, dargestellt in Fig. 89. Der Heizkörper desselben besteht aus dem untern Füllcylinder, der sich konisch verengt, und dem birnenförmig gestalteten, durch eine Calotte geschlossenen und mit Strahlungsrippen versehenen Oberteil, in dem die Rauchgase abgeführt werden. Der Füllcylinder ist, wie bei dem Geiseler'schen Ofen, mit Plan- und Hängerost versehen und mit Chamotte ausgefüttert. Durch gußeiserne Luftkanäle wird dem Brennmaterial an mehreren Stellen vorgewärmte Luft zugeführt und dadurch Rauchverzehrung bewirkt. Die Außenseite des Mantels ist als glatter Cylinder gestaltet und die abnehmbare Decke behufs Austritt der Zimmerluft durchbrochen. Unterhalb der Decke befindet sich ein Wasserverdunstungsgefäß.

Fig. 90.



Die Sturm'schen Ofen sind, wie die beistehende Figur ergiebt, so konstruiert, daß frische Luft durch den im Fußboden ausgesparten Kanal in den Mantelraum eingeführt werden kann. Wünscht man denselben für Cirku-

1) Schinz, Die Wärmemeßkunst.

lationsheizung zu benutzen, so hat man nur die Drosselklappe d im vertikalen Schacht zu schließen.

Die Ableitung der verbrauchten Zimmerluft erfolgt durch besondere, in den Mittel- oder Frontwänden anzulegende Lüftungskanäle, welche über Dach geführt werden.

Zu den Mantelöfen gehören auch jene reich gegliederten und für den Eintritt der Zimmerluft mit durchbrochenen Wandungen versehenen, modernen gußeisernen Gehäuse,

Fig. 91.

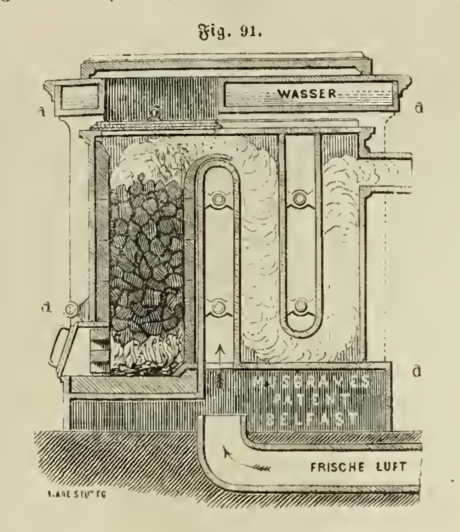
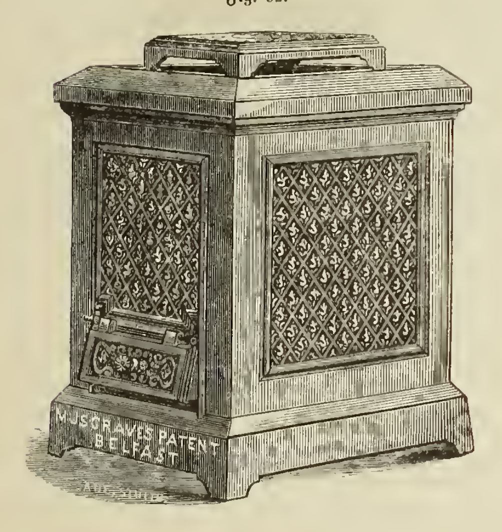


Fig. 92.



welche im Innern als eigentlichen Heizkörper einen schlichten Rundofeneinsatz oder einen Reguliereinsatz mit Ausfütterung bergen. Der äußere Mantel ahmt dann die Form eines freistehenden Kamines oder einer Etagère nach; im letztern Falle dient eine einflüglige oder zweiflüglige Thür an der Vorderseite zur Beschickung des Einsatzofens. Der durchbrochene Mantel hat dabei die Aufgabe, den Heizkörper zu verdecken. Fig. 90 stellt den Heizkörper eines solchen Mantelofens mit Füll- und Reguliervorrichtung in Grundriß und Ansicht dar.

Auch die irischen Sparöfen von Musgrave & Co. in Belfast, welche zwar in der Construktion nichts Neues bieten, aber durch gute Heizkraft bemerkenswert bleiben, gehören zu den Füllöfen mit postamentähnlichem, gußeisernem, durchbrochenem Mantel.

Diese Öfen sind als Regulieröfen mit vertikalen Feuerzügen zu bezeichnen. Nach nebenstehendem Durchschnitt Fig. 91 wird die Füllung des Brennschachtes von oben her bewirkt, wobei staubdichte Füllkästen zur Anwendung kommen, indessen wird auch die seitliche Füllung mit schräger Füllthür zur Anwendung gebracht. Der ausgefütterte Feuerkasten faßt Brennstoff für einen Tag und wird unterhalb durch eine verschiebliche Thür (System Meidinger) reguliert. Zwischen dem Feuerkasten und den Zügen ist ein Kanal eingeschaltet, welcher — wenn Ventilation verlangt wird — mit der Außenluft in Verbindung gesetzt werden kann. Aus diesem Kanal tritt die Luft erwärmt heraus und steigt an den eisernen gerippten Wandungen des Heizkörpers empor. Dieser Kern ist in geeignetem Abstande mit einem durchbrochenen, gußeisernen Mantel (Fig. 92) umgeben. Ein derartiger Ofen heizt bis 500 cbm Zimmerraum bei folgenden Mantelabmessungen: Höhe 0,96 m, Breite 0,51 m, Länge 0,64 m. Die Trockenheit der Luft wird durch einen Wasserbehälter beseitigt, der konstante Verdunstung befördert.

Als Brennmaterial wird in England Coaks, Anthracit, Holz, Holzkohle verwendet; Steinkohle nur in staubfreien, nußgroßen Stücken und auch dann nur die besseren Arten. Backkohle ist nicht verwendbar.

Nach dem Prinzip der Mantelöfen konstruiert, aber doch eigenartig durchgebildet und selbst im Aufbau wesentlich abweichend, sind die unter dem Namen „Crown-Jewel“ in den Handel gebrachten amerikanischen Öfen Fig. 93 bis 94. Sie sind nur verwendbar für Anthracit oder Coaks und werden u. a. von Paul Reißmann in Doos bei Nürnberg in 10 bis 11 verschiedenen Größen fabriziert.

Hauptteile des Ofens sind der Füllschacht C, der Korbrost B, der Schüttelrost F und der Schieberost F_2. Wird dieser aufgezogen, so fallen die Schlacken in den Aschenkasten H. — Unter letzterem liegt der Cirkulationsboden M, in welchem die Heizzüge cirkulieren.

Wesentliche Teile der äußern Umhüllung sind:

Der Säulenmantel E und der Deckel f, welcher den Füllcylinder abschließt. T, T sind Thürchen mit Marienglasscheiben; sie dienen zum Einlegen des Brennmaterials und gestatten eine genaue Beobachtung des Brennprozesses. In Höhe von G befindet sich ein Aschenthürchen mit Regulierschraube (vgl. die Ansicht Fig. 94). l' ist eine mittels eines Hebels von außen stellbare Zugklappe; befindet sich dieselbe in der Lage der Fig. 93, so stürzt der Rauch durch die vertikalen Züge n, n des seitlichen Erweiterungsrohres

hinab und kehrt durch M nach oben zurück, um durch das Rauchrohr K abzuziehen.

Die Öfen sind tadellos, der Guß, nach außen glatt abgedreht, ist vernickelt und poliert. Die konstruktiven Details

Fig. 93.

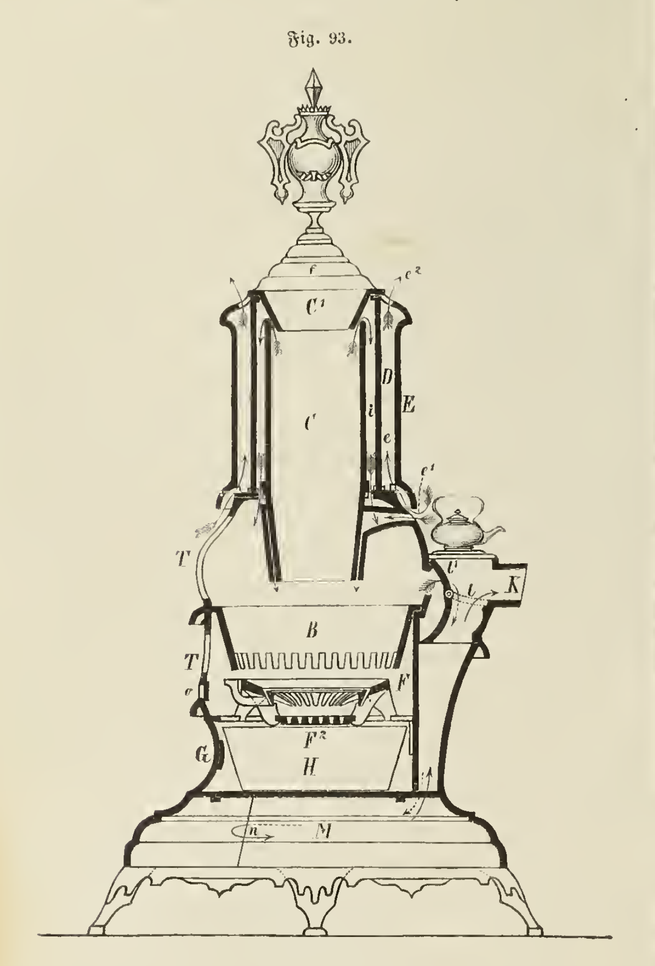
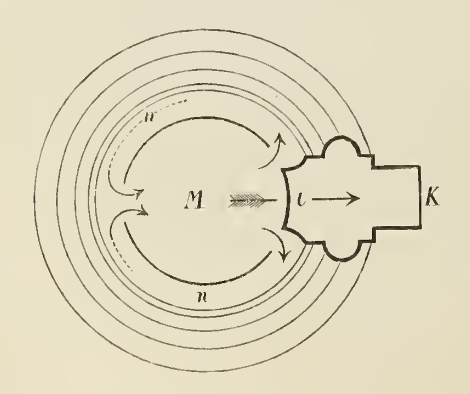


Fig. 93 a.



sind zum Teil sehr durchdacht; der Preis ist gegenwärtig ein mäßiger.

Bedienung des Ofens. Das Einführen des Zündmaterials erfolgt durch die oberen Marienglasthürchen; hierbei wird die Zugklappe um 90° nach abwärts gedreht und der Ofen erhält direkten Rauchabzug nach dem Schornsteine. Sind die auf dem Roste liegenden Kohlen erst in Brand, so geschieht die weitere Füllung durch Einschütten

Fig. 94.



von oben nach Öffnung des Deckels; nach erfolgter Beschickung des Füllschachtes wird der aufgeschliffene Ofendeckel wiederum gut schließend auf den Ofen zurückgedreht.

Da der Feuertopf B und der Füllschacht C durch eine äußere Wand mantelähnlich umschlossen werden, so wird letztere nur durch direkte Bestrahlung und vermöge der durch Leitung erwärmten, aber jedenfalls rasch im Mantelraume aufsteigenden Luft erwärmt. Dagegen bewirken die in zwei Zonen rings um den Ofen verteilten Thürchen mit Marienglasscheiben, durch welche man das Feuer beobachten kann, eine so bedeutende Wärmestrahlung, daß der Aufenthalt in der Nähe eines solchen Ofens sehr lästig werden kann. Man sieht daher vielfach die amerikanischen Öfen mit einem besondern Schutzmantel umgeben.

Resumé. Der Anblick der prasselnden Flamme kann wegen der in ihrem Gefolge auftretenden lästigen Strahlung

nicht als Vorzug gelten und die Ähnlichkeit mit den amerikanischen Kaminen, den sogenannten „Franklinen", ist nur eine sehr geringe, da vor allem die den Kaminen eigene, belebende Lufterneuerung hier ganz fehlt.

Die amerikanischen Öfen sind vielfach nachgeahmt, von Franz Loenholdt auch unseren deutschen Verhältnissen entsprechend verändert worden.

II. Öfen für periodische Heizung.

§ 31.

Öfen von gebranntem Thon.

Bei den thönernen Öfen, welche im Gegensatz zu den dünnwandigen Leitungsöfen auch Massenöfen genannt werden, hat man die Absicht: eine Thon- oder Steinmasse so weit zu erhitzen, daß dieselbe, nachdem das Brennmaterial abgebrannt und die Verbindung mit dem Schornsteine abgeschnitten ist, die aufgenommene Wärme langsam an die Zimmerluft absetzt. Der Ofen soll also eine gewisse Zeit hindurch als Wärmequelle dienen und die Temperatur des Zimmers auf normaler Höhe erhalten, d. h. die Wärmeverluste ausgleichen, welche der zu heizende Raum infolge Transmission durch Umschließungswände, Fenster und Thüren innerhalb dieser Zeit erleidet.

Derartige Öfen gehören speziell dem Norden an und werden, wenn nicht außergewöhnliche Kälte eintritt, täglich nur einmal geheizt; ihr Verbrauch an Brennmaterial ist ein verhältnismäßig geringer und die Wärme eine angenehme, weil gleichmäßige: sie erfüllen daher alle an einen Ofen zu stellenden Anforderungen. Ihrer Konstruktion nach eignen sie sich am besten für langflammiges Feuer, welches die Wärme in den langen Zügen gleichmäßig verteilt; bei kurzflammigem Brennmaterial (Coaks und Steinkohle) wird die Hitze am Herde übermäßig stark und der Ofen daher leicht auseinander getrieben. — In Rußland und Schweden werden sie ganz von Mauerziegeln mit 16—18 cm starken Wandungen hergestellt. Die Wärme des Brennprozesses wird in diesen starken Wandungen aufgespeichert und nur sehr allmählich an die Zimmerluft abgegeben: man muß daher den Ofen mehrere Stunden früher heizen, ehe die Benutzung des Zimmers erfolgt, und dies ist der einzige Übelstand, der den dickwandigen Öfen anhaftet.

In unserm Klima, wo der Winter sehr ungleich ist, wo ein häufiger und schneller Wechsel der Witterung auch eine entsprechende Beheizung bedingt, sind so massige Wärmequellen nicht wohl angebracht, sie können sogar höchst lästig werden, wenn das Thermometer plötzlich steigt: in Petersburg jedoch, wo die strenge Kälte meist ununterbrochen 5—6 Monate andauert, erweisen sich dickwandige Öfen als sehr praktisch. Das rauhe Winterklima weist dort gebieterisch auf rationelle Einrichtungen zum Schutze gegen die Kälte hin und deshalb werden nicht allein die Zimmer, sondern auch die Flure und Korridore erwärmt. Der Hausflur wird durch dreifache Thüren abgeschlossen, jede Zimmerthür, die nach dem Korridor führt, ist eine doppelte, und zwar wird die äußere gepolstert. Alle Fenster sind Doppelfenster, die Fugen werden verklebt; zum Lüften dient eine besondere Scheibe in den Fenstern. Der Flur wird durch einen Ofen größerer Gattung geheizt, für die Zimmer genügen dann solche von geringeren Dimensionen, und zwischen zwei mit Öfen versehenen Zimmern ist nicht selten nur ein Wandkamin angebracht, welcher die Ventilation der Räume besorgt.[1])

Als Typen der Massenöfen sind die schwedischen und die russischen Öfen bekannt.

a) Der schwedische Massenofen ist seiner Konstruktion nach ein ganz massiver viereckiger Mauerkörper aus Backsteinen und Lehm mit einem überwölbten Feuerherde ohne Rost und Aschenfall. An der Mitte der Hinterfront, der Feuerthür gegenüber, steigt vom Herde ein Zugkanal aufwärts, geht unter der Ofendecke horizontal, fällt an einer der beiden hinteren Ecken hinab, tritt dann horizontal nach der Vorderseite und gelangt so auf- und niedersteigend im hintern Eck aufwärts. Am obern Ende des letzten Zugkanales befindet sich endlich das Ofenrohr mit Klappe. Sämtliche fünf vertikalen Zugkanäle oder „Züge" werden bis auf die Abgleichungsschicht des Herdgewölbes hinabgeführt.

b) Der russische Ofen hat statt des vollen Mauerkörpers noch einen inmitten angebrachten Zug, und ist es Regel, daß der letzte Zug ein „fallender" sei, d. h. daß der Rauch in dem letzten und sechsten Zuge abwärts gerichtet ist und am untern Ende des Kanales durch das Ofenrohr in den Schornstein tritt. An dieser Stelle ist eine Vorrichtung eingeschaltet, um den Ofen, nachdem das Brennmaterial ausgebrannt ist, absolut sicher gegen den Rauchkanal abschließen zu können, die „Gusche".

Einen derartigen Ofen zeigen die Figuren 95—100, und zwar Fig. 95 in Vorderansicht, Fig. 96 in Vertikalschnitt nach der Linie ab. Der Grundriß Fig. 97 entspricht einem Horizontalschnitte unterhalb der Ofendecke. Der Heizraum ist $1/2$ Ziegel stark überwölbt; das Gewölbe ruht auf eisernen Schienen, welche als Anker für die Widerlager dienen, und reicht nach hinten zu nur bis c, wo die Flamme in den ersten aufsteigenden Zugkanal einbiegt. Die Verengung dieses Kanales an dieser Stelle bis

---

1) Manger, Russische Zimmeröfen; in der „Zeitschrift für Bauwesen", Jahrg. VIII.

zur Hälfte seines Querschnittes hat den Zweck, die Flamme „stechender“ zu machen, und dies wiederholt sich bei jeder Biegung ober- und unterhalb.

Aus dem Kanale 1 geht der Zug der Feuergase abwärts in den Kanal 2, wendet sich durch die Öffnung 8 aufwärts in den Kanal 3, von hier durch die Öffnung 9 in den Kanal 4 hinab, über die Abdeckung bei 5 abwärts, endlich durch die Öffnung 7 in den Kanal 6 hinab und

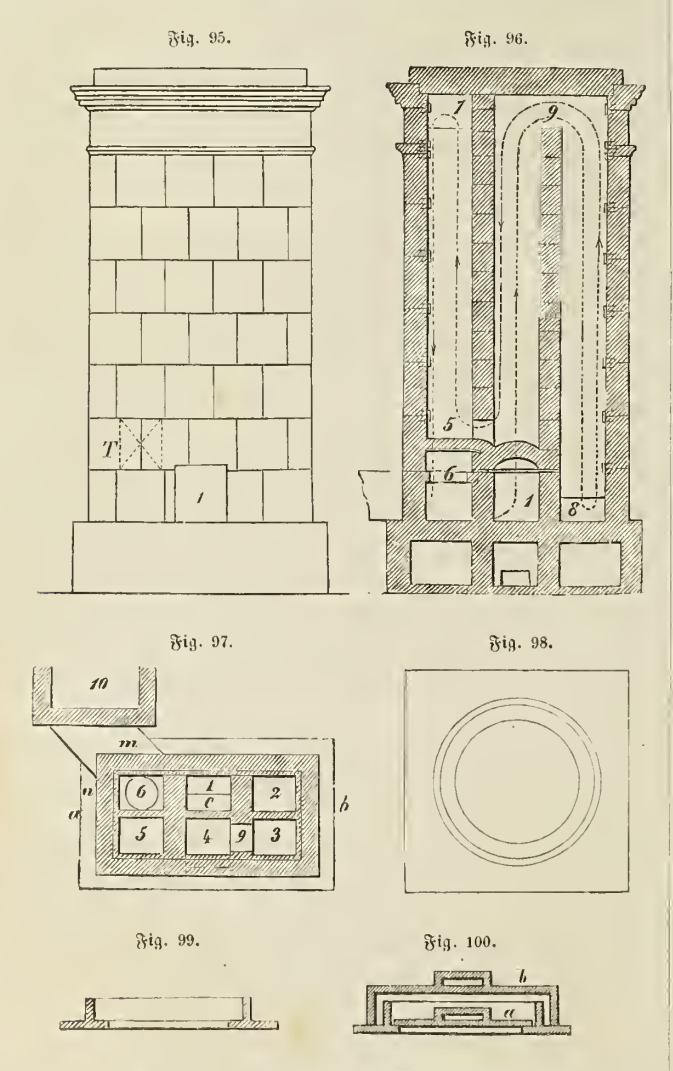


Fig. 95. Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98. Fig. 99. Fig. 100.

durch die „Gusche“, welche das Abschlußregister enthält, in das Rauchrohr 10.

Diese „Gusche“ (russisch Winsschke) hat folgende Einrichtung: Eine viereckige gußeiserne Platte (Fig. 98), hat in ihrer Mitte eine Öffnung von 18 cm Durchmesser, mit einem 2 cm hohen aufrecht stehenden Rande und innerhalb 1 cm vorstehenden Flansch, wie Fig. 99 zeigt. Ein gußeiserner Deckel a mit Griff paßt genau auf den innern, 1 cm breiten Rand und verschließt die Öffnung der Platte, während ein zweiter Deckel b mit übergreifendem Rande einen nochmaligen Abschluß bewirkt. Um diese Deckel einlegen zu können, wenn das Brennmaterial ausgebrannt ist, wird die Thür T nötig, wobei man unter der Decke 5 durchgreifen muß. Ist der Ofen jedoch seitlich zugänglich, so fällt diese Decke fort und man legt den Deckel der Gusche durch eine Thür bei n ein. (Vgl. Taf. 11, Fig. 2 bei t). Der russische Ofen wird entweder verbandmäßig von Backsteinen in den Fronten einen halben Stein stark hergestellt, dann geputzt und gemalt, eventuell fein gefugt, oder er wird aus Kacheln, mit einer innern Ausfütterung von hochkantig gestellten Steinen, gesetzt. Die Wangen der Züge erhalten im ersten Falle gewöhnlich nur 7 cm Dicke und werden ebenfalls aus Mauersteinen, also hochkantig aufgeführt; die Verbindung der Schichten erfolgt durch Draht und Eisenklammern, wie solche Fig. 96 zeigt. Die Heizthür aus Gußeisen ist einfach oder doppelt, stets gut schließend und mit Register zur Zugregulierung versehen.

Bedienung der Öfen. Beim Heizen wird der Herd mit kurz gesägten Holzstücken ganz angefüllt, das Holz bei geöffneter Thür in Brand gesetzt, dann die Thür geschlossen und der Zug so reguliert, daß die Verbrennung möglichst lebhaft vor sich geht, wobei sich die erzeugte Wärme schnell und vollständig der Mauermasse mitteilt. Bei täglich einmaliger Heizung unterhält dann der Ofen während 24 Stunden eine gleichmäßige Zimmerwärme, vorausgesetzt daß die oben angegebenen Vorrichtungen gegen starke Abkühlung durch Wände, Fenster und Thüren getroffen werden — was in allen russischen Häusern geschieht.

Will man diesen Öfen ein besseres Ansehen verschaffen, so werden dieselben von Kacheln, d. h. von glasierten Thonplatten gesetzt und dann nur mit Backsteinen ausgefüttert: für Steinkohlenbrand ist ein Rost und Aschenfall nötig. Indessen eignen sie sich ihrer Behandlungsweise nach mehr für Holzfeuerung, da die Menge glühender Kohlen, welche im Herde unter der Asche zurückbleibt, den Ofen zu einer anhaltenden Wärmequelle macht. Doch muß beim Schließen der „Gusche“ große Vorsicht beobachtet werden, um Erstickung durch Kohlenoxydgas zu verhindern, und empfiehlt sich daher für Wohnzimmer in jedem Falle Heizung vom Korridor aus, d. h. die Verlegung der Einheizöffnung nach einem Vorgelege. Wird dann der Abschlußdeckel statt innerhalb des Ofens in die Mauerdicke der Wand verlegt, so ist der Zweck der Gusche vollständiger und sicherer erreicht. Läßt sich aber aus lokalen Gründen Heizung von außen nicht bewerkstelligen, so müßte die Gusche ganz beseitigt und der Verschluß durch eine „hermetisch schließende“ Heizthür bewirkt werden, wonach die Gefahr für die Gesundheit der Bewohner bei zu frühem Schließen der Thür fortfällt, denn nunmehr steht der Luftraum im Ofen nicht mehr mit dem Zimmer, sondern mit dem Schornsteine in Verbindung. Unbequemlichkeiten können aber auch hierbei eintreten, wenn der Ofen zu früh

geschlossen und etwa feuchtes Brennmaterial verwandt worden ist: denn aus den im Ofen entwickelten Dämpfen bilden sich — namentlich bei dauernd feuchtem Wetter — wässerige Niederschläge an den Schornsteinwänden, welche Glanzruß erzeugen. Es rinnt dann eine schwarze, kreosotähnliche Flüssigkeit im Schornsteine hinab, durchdringt dessen Wandungen und verbreitet einen penetranten Geruch.

Man kann diese Nachteile vermeiden, wenn der Ofen nur geschlossen wird, nachdem das Feuer ausgebrannt ist, wenn — wie in allen russischen Öfen — der letzte Zug ein „fallender" ist und tief in den Schornstein mündet, in welchem Falle der Luftaustausch zwischen Ofen und Schornsteinrohr erheblich verringert wird.

Die Konstruktion luftdicht schließender Thüren ist in § 33 unter D eingehend behandelt.

§ 32.

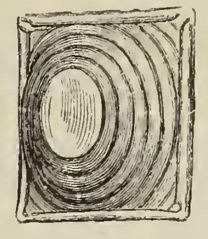
Eine wesentliche Verfeinerung der in § 31 besprochenen Massenöfen bilden die in Deutschland seit dem XIV. Jahrhundert eingebürgerten Kachelöfen. Hierbei beabsichtigt man nicht die Vorzüge der periodischen Heizung aufzugeben, nur die äußeren Umfassungen werden dünner, nämlich aus glasierten, mit einem innern Rande versehenen, leichten Thonplatten, den sogenannten „Kacheln", hergestellt und diese hohlen Kästen werden, um sie widerstandsfähig zu machen, mit Dachsteinen in Lehm ausgefüttert. Nunmehr erfolgt die Wärmeabgabe der Ofenwandungen bedeutend schneller als im vorigen Falle und der architektonische Aufbau des Ofens kann so reich gegliedert werden, daß derselbe — ebenbürtig dem französischen Kamine — einen Schmuck der Zimmerausstattung bildet. Die deutsche Töpferei hat den Ruhm, auf dem Gebiete des Ofenbaues Treffliches geleistet zu haben; die Anfänge dieser Technik reichen über das XV. Jahrhundert hinaus.

Geschichtliches zur Entwickelung des Ofenbaues.

Auch der Ofenheizung muß ein hohes Alter zugesprochen werden, denn im Plane von St. Gallen, der aus dem IX. Jahrhundert stammt, sind bereits Öfen angedeutet. Abbildungen altdeutscher Öfen datieren freilich erst aus dem Schlusse des Mittelalters, dagegen sind einzelne Kacheln erhalten, welche zum Bau solcher Öfen gedient haben. Nach den Forschungen von Essenwein[1]) ist der älteste Typus der Kacheln die Schüssel mit umgeschlagenem, viereckig gestaltetem Rande (Fig. 101 und 102).

Diese Form gestattete bei vermehrter Oberfläche eine um so größere Wärmestrahlung, wenn — wie anzunehmen ist — die Schüsselhöhlung nach außen trat. Der umgeschlagene quadratische Rand ist zum bequemen Aufbau der Schichten nötig. Solche primitive Kacheln sind nicht glasiert;

Fig. 101.



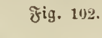
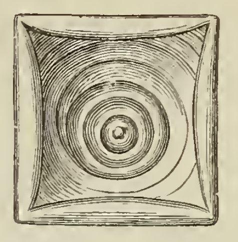


Fig. 102.



der Ofen wurde höchst wahrscheinlich äußerlich mit einer Kalktünche überzogen.

Eine zweite Art hat die Form eines gedrehten Halbcylinders, der vorn an einen offenen Schildrand, d. h. an einen viereckigen Rahmen angefügt ist und oben und unten einen halbkreisförmigen Boden erhielt. Der Kachelrahmen wurde aus einer Form gepreßt (um gleiche Größe der Kacheln zu gewinnen), meist architektonisch gegliedert und mit Reliefs verziert. Ornamentik und Gliederung geben dann die Anhaltspunkte für die Entstehungszeit der Kacheln. Die ältesten wurden in den Rheinlanden gefunden; sie gehören dem deutschen Übergangsstyl an. Fig. 103 giebt die Abbildung einer der von Hefner von Alteneck auf der Veste Tannenberg ausgegrabenen Kacheln, der

Fig. 103.

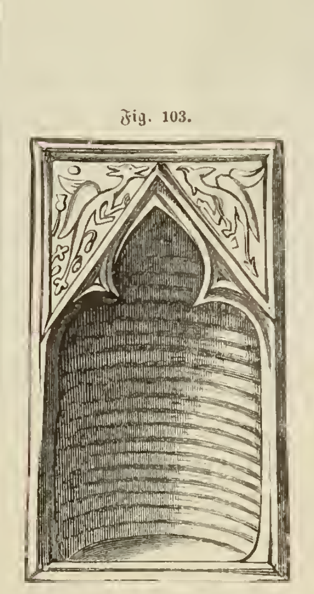
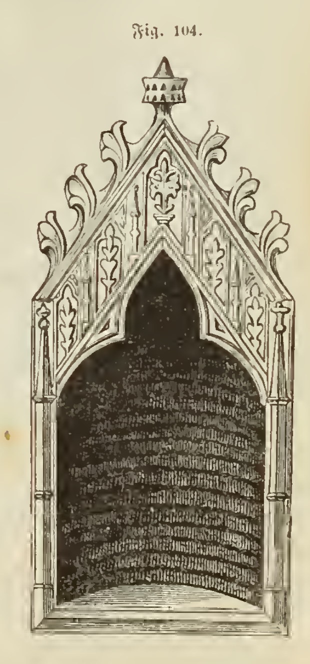


Fig. 104.



Mitte des XIV. Jahrhunderts angehörig, mit Thiergestalten in den Zwickeln des Schildrahmens. Die Kacheln sind glasiert, teils braun, teils grün und gelb. Andere, zur obersten Schicht eines Ofens gehörige Kacheln sind giebelförmig abgeschlossen (Fig. 104). Nicht immer ist es gerade

1) Anzeiger für die Kunde der deutschen Vorzeit 1875, Nr. 2—5.

ein Cylinder, der mit solchem vordern Rahmen verbunden ist, sondern auch nur ein Cylinderabschnitt (Fig. 105). An den Cylinderabschnitt ist eine Stirnseite angefügt, welche

Fig. 105.



das durchbrochene Maßwerk eines Fensters nachahmt. Die Kachel war grün glasiert und dürfte aus dem XIV. Jahrhundert stammen.

Bei anderen rein glasierten Kacheln der spätern Zeit ist nicht nur der Rahmen, sondern auch die Cylinderfläche gepreßt und der Boden segmentförmig gestaltet. Das aufgesetzte Wappen deutet nach seiner Form auf das XV. Jahrhundert als Entstehungszeit hin. Solche Kacheln nennt man „Nischenkacheln".

Einen weitern Fortschritt der Technik zeigt Fig. 106. Bei dieser schönen Kachel tirolischen Ursprunges ist in

Fig. 106.



der Vorderfläche des Schildrandes das Landeswappen durchbrochen eingefügt.

Über die Formen, in denen sich ein Ofen aus solchen durchbrochenen Kacheln aufbaute, geben uns alte Abbildungen Aufschluß. Gewöhnlich ruht er auf Füßen von Eisen oder Stein, welche eine Eisenplatte tragen; der rechteckige Untersatz des Ofens lehnt sich an eine Heizöffnung in der Zimmerwand. Über dem Untersatze folgt — wie bei unseren modernen Kaminöfen — ein runder oder achteckiger Aufbau mit Zinnen- oder Giebelkrönung. Die reiche plastische Wirkung wurde noch durch das Hinzutreten der Farben gesteigert.

Gegen den Schluß des XV. Jahrhunderts finden sich dann Kacheln, welche vollständig bunt mit aufgeschmolzenen Emailfarben bemalt sind. Als Beispiel dieser Gattung kann die Abbildung Fig. 107 einer aus Norddeutschland stammenden Nischenkachel dienen, welche sich jetzt mit anderen dieser Art im Besitze des Germanischen Museums zu Nürnberg befindet. Solche Wappenkachel ist annähernd 20 cm breit und 32 cm hoch; die Pressung ist scharf, die Palette um zwei Farben vermehrt: der Farbenschmelz ist ein außerordentlich gelungener. Andere Kacheln dieser Periode stellen

Fig. 107.



mit Vorliebe Heiligenbilder oder biblische Vorgänge dar, wie der Ofen aus der Sakristei von St. Stephan in Wien. Überhaupt waren bunte Kacheln damals in ganz Deutschland verbreitet.

Als ein schönes Beispiel lassen wir hier die Ansicht des aus Ochsenfurt a. M. stammenden Ofens, jetzt im Germanischen Museum in Nürnberg, folgen (Fig. 108). Die Kacheln sind rechteckig überhöht, die Felder wenig vertieft und mit Apostelfiguren oder Wappen fränkischer Adelsgeschlechter geziert, die Ecken durch besondere Kacheln gesäumt, welche ein aufsteigendes Ornament zeigen. Das Gesims hat gleichfalls Wappenkacheln erhalten; die Glasur ist sorgfältig, die Farbenpalette reich und die Entstehungszeit dürfte um 1500 zu setzen sein. Der Ofen ist 0,80 m breit, ohne Steinfuß 1,46 m hoch und hat 82 Kacheln. Ob derselbe aus Würzburg oder Nürnberg stammt, bleibt unentschieden.

In Nürnberg hatte sich die älteste Form der Kachel, die „Schüsselkachel", lange Zeit erhalten und dort im Laufe der Zeit eine künstlerische Ausbildung dadurch gewonnen, daß man quadratische Kacheln in der Mitte mit einer kreisförmigen Vertiefung versah, wie sie unser Beispiel (Fig. 109) aus dem XV. Jahrhundert zeigt. In der Mitte der Schüssel ist die Krönung der Maria dargestellt, die

Zwickel sind teils ornamentiert, teils mit Tiergestalten gefüllt; die Höhe und Breite beträgt 21 cm; in der Glasur herrscht Blau, Grün und Gelb vor. Eine andere Ausbildung zeigt Fig. 110. Die Vertiefung ist nicht mehr rund, sondern quadratisch gegliedert und mit einer im Mittel aufgesetzten Rosette versehen, hinter der zwei sich kreuzende Stäbe hervorkommen. Die Glasurfarben sind: weiß, grün, gelb.

Dies gilt namentlich für die Erzeugnisse der, von Italien beeinflußten, Tiroler Schule. Hier erhalten dann die Architekturstücke oft bedeutende Größe bei trefflicher Modellierung. Ein von Essenwein mitgeteilter tirolischer Ofen[1]) mit der Jahreszahl 1660 ist aus buntglasierten Pilastern, Säulen und Gesimsstücken von ca. 84 cm Länge zusammengesetzt; zu den Zwischenflächen sind kleine grünglasierte Kacheln verwendet.

Fig. 108.

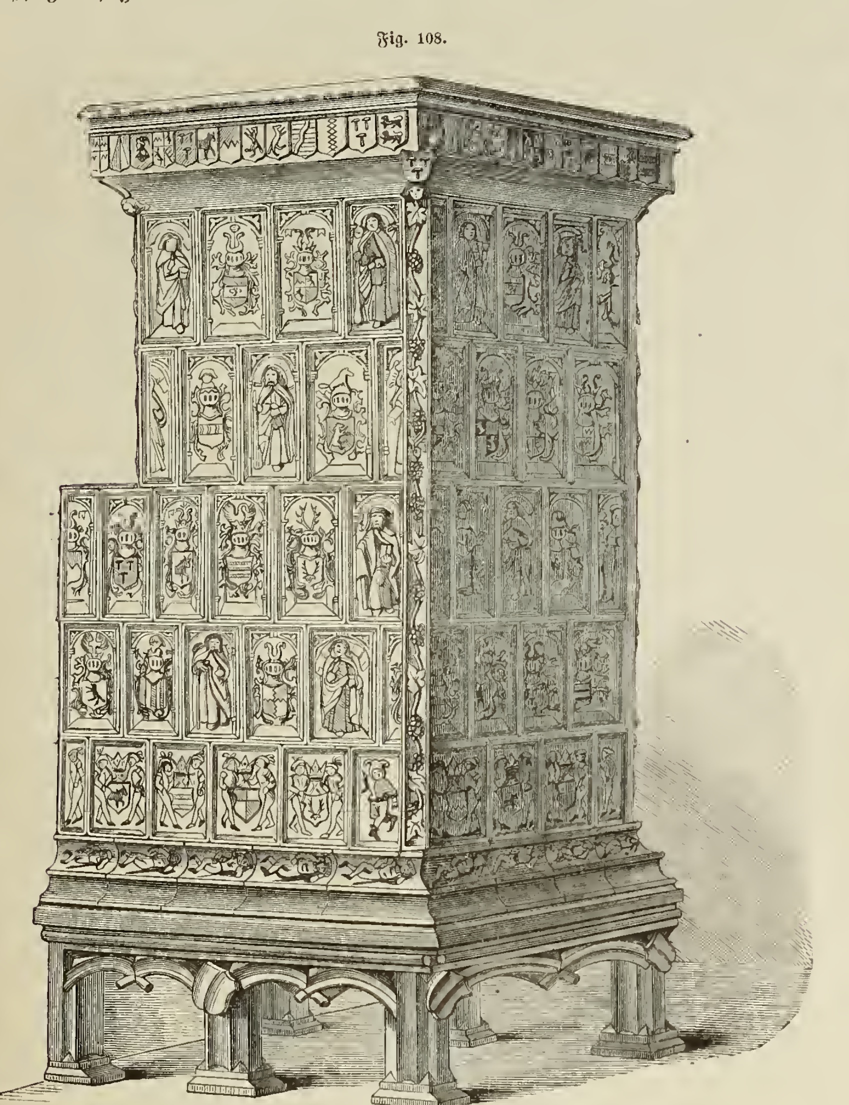
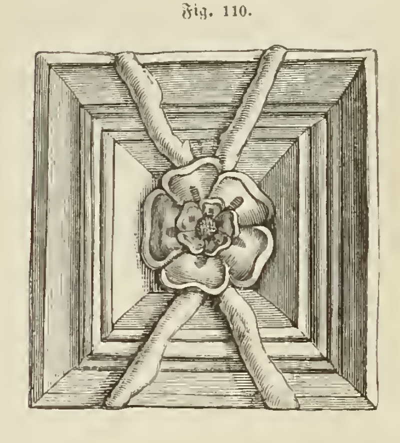


Fig. 109.



Fig. 110.



Jene buntglasierten Töpferarbeiten, wie sie während des XV. Jahrhunderts sich eingebürgert hatten, wurden auch im XVI. Jahrhundert in Deutschland geübt; aber es änderte sich der Stil und die Modellierung; die Farbe gewann an Frische und Reinheit.

Im XVII. Jahrhundert tritt die bunte Glasur mehr und mehr zurück, die Modellierung wird sorgfältiger, auch das Bestreben sichtbar, den Aufbau künstlerisch zu gestalten.

Anmerkung. Eins der glänzendsten Beispiele der Komposition, Modellierung und Glasur ist der große Ofen im Artushofe zu Danzig.

In den Wohnstuben der Bürgerhäuser, den Gesindestuben der Patrizierhäuser und sonst anderwärts erhielt sich aber neben jenen architektonisch gegliederten Öfen noch im

1) Anzeiger für die Kunde der deutschen Vorzeit. Nr. 6 Spalte 171, 172.

XVIII. Jahrhundert der aus kleinen Schüsselkacheln erbaute Ofen.

Der Beginn des XIX. Jahrhunderts bezeichnet, wie in der Architektur, so auf dem Gebiete des Ofenbaues eine Periode farbloser Nüchternheit. An die Stelle der gegliederten, tritt nunmehr die glatte moderne Kachel, das Reliefornament des Ofens beschränkt sich auf einen antikisierenden Fries mit Gesims. Die farbige Glasur verschwindet oder sie wird nur noch für Öfen untergeordneter Räume verwendet; an deren Stelle tritt eine gelblich weiße Glasur, welche dem herrschenden Geschmacke mehr zusagt. Das Bestreben des Töpfers richtet sich, in Nachahmung des Porzellans, lediglich auf Herstellung feiner weißer Schmelzkacheln, wie sie der Ofenfabrikant Feilner in Berlin zuerst in großer Vollkommenheit herstellte, der sich auch sonst, unter dem Einflusse Schinkel's, Verdienste um die Fabrikation von Terrakotten für Bauzwecke erwarb. Seine Fabrik begründete bei technischer Vollendung des stilisierten Aufbaues den Ruf der „Berliner Öfen". Da aber die Glasur die Schärfe des Ornamentes beeinträchtigte, ließen Feilner's Nachfolger dieselbe bei ornamentalen und figürlichen Stücken fort; der Maler pflegte dann die Terrakotten farbig zu streichen.

Eine Umkehr von dieser landläufigen Produktion ist erst vor ca. 15 Jahren erfolgt, indem einzelne Fabrikanten, wie Sälzer in Eisenach und Fleischmann in Nürnberg, zunächst mit Reproduktion schöner mittelalterlicher Öfen vorgingen und dadurch anregend wirkten. Die bewußte Wiederaufnahme der Majolikatechnik und deren stätige Fortentwickelung haben alle neueren Ausstellungen überzeugend dargethan und so hat unter dem Einflusse der dazu berufenen Anstalten die Kunsttöpferei wiederum mehr und mehr in richtige Bahnen eingelenkt.

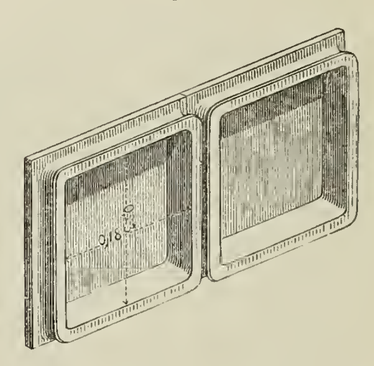
§ 33.

Konstruktion der Kachelöfen.

A. Das Material. Die moderne Kachel wird fast überall in gleichen Abmessungen, nämlich 20 cm breit und 23 cm hoch, hergestellt, wobei die fehlerfreie und ebene Produktion der Platten gut gelingt. Die Vorderplatte ist 15 mm dick und heißt der „Spiegel"; zu ihrer Versteifung und zur Aufnahme zur Ausfutterung ist dieselbe nach Fig. 111 mit einem 35 mm hohen Kranze versehen, der gewöhnlich „Steg" oder „Stumpf" genannt wird und einen umgeworfenen Rand erhält. Der innere Hohlraum zwischen dem Stege mißt 18/23 cm. Man unterscheidet Eckkacheln und „gerade" oder „flache" Kacheln. Zur Erzielung des Verbandes wird dem einen Spiegel der Eckkachel die ganze, dem andern nur die halbe Kachellänge oder 10 cm gegeben; die Ecke erhält dabei eine leichte Abrundung. — Die Kacheln werden in „Schichten" aufgesetzt und die Größe eines Ofens wird nach der Anzahl der Kacheln, welche die Schicht enthält, bestimmt. Der auf Taf. 13 dargestellte Ofen ist beispielsweise 4 Kacheln lang, 3 Kacheln breit und $9^1/_2$ Schichten, exklusive Fries und Gesims, hoch.

Nach Reinheit, Färbung und Schmelz der Glasur unterscheidet man „feinweiße", „weiße", „halbweiße"

Fig. 111.



und „bunte" oder „farbige" Kacheln. Die Öfen aus feinweißen Kacheln werden Schmelzöfen oder „Emailleöfen", in Süddeutschland „Porzellanöfen" genannt. Neuerdings werden auch „gemusterte" Kacheln, „Damastkacheln", fabriziert, indem — mittels eines Sandgebläses — auf der glänzend weißen oder farbigen Kachelfläche nach beliebiger Zeichnung matte Stellen erzeugt werden. Durch derartiges Flächenmuster kann man die architektonische Wirkung des Emailleofens wesentlich erhöhen.

B. Das Setzen der Öfen. Alle Schichten müssen mit engschließenden Fugen versetzt werden, was durch sorgfältiges Aneinanderschleifen der Kacheln in der Lager- und Stoßfuge geschieht. Das Setzen eines eleganten Ofens ist daher mühsam und erfordert 4—5 Tagewerke eines geübten Setzers. Auch unsere deutschen Öfen werden mit Kanälen oder „Zügen" versehen, in denen die Feuergase ihre Wärme absetzen sollen. Diese Züge sind stehende, d. h. vertikale, oder „liegende", horizontale. Nicht selten wird eine zusammengesetzte Anordnung von stehenden und liegenden Zügen gewählt, die gemischten Züge. Die stehenden Züge gestatten ein lebhafteres Brennen des Feuers und eine innigere Berührung der Stichflamme mit den äußeren Wandungen des Ofens, woraus besserer Nutzeffekt resultiert. Bei den liegenden Zügen kommt die Stichflamme fast nur den inneren Deckschichten zu statten; dagegen ist eine leichtere Verankerung der gegenüberliegenden Kacheln einer Schicht möglich.

Öfen, welche im Souterrain oder über einem gewölbten Untergeschoß errichtet werden, erhalten ein massives Fundament. In den oberen Etagen ist dies nicht mög-

lich, man setzt sie also auf eine kräftige Unterlage von 5—7 cm starken Bohlen, welche in die Balken, bündig zur Oberkante derselben, eingefalzt ist. Hierauf wird die gehobelte Ofenzarge (Taf. 13, Fig. 3 und 4) genau wagerecht verlegt und der Zwischenraum mit Backsteinen horizontal ausgeglichen. Die eigentliche Herdsohle muß nach Polizeivorschrift freilagernd, im geeigneten Abstande von der Pflasterschicht, angebracht werden. Zu dem Ende legt man über aufrecht gestellten Backsteinen zunächst eine doppelte Dachsteinschicht mit verwechselten Fugen und darüber das flachseitige Herdpflaster, $6^1/_2$ cm stark, in Lehmmörtel auf (Taf. 11, Fig. 2 und 3). Durch solche Konstruktion des Ofensockels wird das Gewicht desselben verringert, das Austrocknen erleichtert und die Gefahr des Durchbrennens beseitigt. Der Hohlraum ist mit vergitterten Öffnungen versehen, welche eine Kommunikation mit dem Zimmer herstellen, so daß bei schlechtem Zustande der Herdsohle die Spuren des durchfallenden Feuers leicht wahrgenommen werden können.

Die Herdeinfassung erhält bis zum Untergesims die über der Zarge angelegte Stärke von etwa 13 cm, indem hinter die ausgefutterte Sockelkachel noch ein Backstein auf die hohe Kante gegengelegt wird. Dies ist nötig, um die Kacheln gegen das Springen in der starken Herdhitze zu schützen, andererseits als Schutz derselben gegen das Zerstoßen beim Einlegen und Schüren des Brennmaterials. Über dem Untersims aufwärts verbleibt für den übrigen Teil des Feuerraumes nur eine Dicke von etwa 9 cm, nämlich eine Kacheldicke und ein dahinter gelegter Dachstein mit Lehmüberzug. Oberhalb des Feuerkastens endlich werden die Kachelschichten mit Dachsteinstücken in Lehm so stark ausgefüttert, als die Kacheln — ohne zu springen und Glasur zu verlieren — aushalten können, und dies zu beurteilen ist Sache des Töpfers, der sein Material kennen soll. Die Dicke der Ausfutterung wird jedenfalls mit der Entfernung vom Feuerherd abnehmen müssen, so daß an allen Stellen der Ofenwandung ein möglichst gleicher Wärmegrad erzielt wird.

Die Decken der horizontalen Züge werden gewöhnlich aus doppelten Dachsteinen mit verwechselten Fugen hergestellt und zu dem Ende auf flache Eisenschienen gelegt, welche ihr Auflager an den Langseiten des Ofens auf dem Kachelsteg oder auf Steinstücken finden, welche in der Kachelausfutterung angebracht sind. Sie dürfen indessen nicht so lang sein, daß sie die Kachel berühren, weil die in der Hitze sich ausdehnenden Eisenstäbe den Ofen auseinandertreiben. Vorteilhafter bildet man die Decken von 5 cm starken Chamotteplatten, welche quer über den Ofen reichen. Zur Überdeckung der Heizöffnung hinter der Ofenthürzarge und zur Unterstützung der vertikalen inneren Wandungen der Züge, zu den sogenannten „Zungen“ (wie sie Taf. 10, Fig. 5 zeigt), ist man genötigt, sich der Eisenschienen zu bedienen. Jede Kachelschicht, auf der eine Decke liegt, wird mit starkem Ankerdraht gebunden, was zwischen zwei benachbarten Stegen in der innern Lagerfuge geschieht. Die früher übliche Verankerung der Kacheln mit eisernen Klammern ist zu vermeiden; besser bewähren sich Klammern von gebranntem Thon. Bei Anordnung stehender Züge sucht man, mindestens da, wo es die Teilung gestattet, die Wangen der Züge zur Verankerung der Fronten zu benutzen, d. h. es werden die Dachziegel, aus denen die Wange besteht, zwischen zwei vertikale Kachelstege eingeschoben. Endlich lassen sich auch Ankerdrähte in die Fuge zwischen die doppelte Dachsteinschicht, aus welcher jede vertikale Wange besteht, einlegen.

Wo endlich zwei Wangen zusammentreffen, da wird ein Verband gewählt, wie ihn Taf. 11, Fig. 9 darstellt: die eine der beiden Dachziegelschichten läuft durch den Kreuzungspunkt, die andere nimmt die beiden Dachsteine, welche rechtwinklig darauf stoßen, zwischen sich auf; in der folgenden Dachsteinschicht findet das Umgekehrte statt. Alle Winkel werden sodann mit Lehm gut ausgestrichen und abgerundet. Eine durchlaufene Horizontalfuge durch sämtliche Wangen ist zu vermeiden: je öfter man einen Wechsel hervorbringt, um so sicherer ist der Verband.

Auch die oberste Decke des Ofens wird sorgfältig aus einer doppelten Dachsteinschicht gebildet. Für gewöhnliche Räume ist sie in der Regel horizontal, wie bei dem Ofen auf Taf. 10 und 11 hergestellt: für bessere Räume aber wird der Ofen meist als Architekturstück behandelt und deshalb mit einem „Aufsatz“ versehen, welcher über dem Deckgesims in Form einer Krönung mit Akroterienschmuck aufgestellt ist und denselben nach oben abschließt (Taf. 8). In anderen Fällen ist ein geschlossenes Giebelfeld aufgesetzt und die Ofendecke folgt dann bogenförmig oder geradlinig der Form des Tympanons, wie dies z. B. der Kaminofen Taf. 8 veranschaulicht.

Die zum Schmuck der Frontansicht angebrachten Medaillons oder Bildtafeln werden sauber in den Verband der Kachelschichten eingefügt. Zur Einrahmung der Frontansichten dienen nicht selten reichgegliederte „Einfassungen“.

Als Beispiel einer eleganten Ausbildung des Ofens im Sinne des herrschenden Barockstils geben wir auf Taf. 12 einen Kaminofen aus der Fabrik von H. Schmidt in Berlin und Velten. Der auf Taf. 8 dargestellte Kaminofen ist aus der Fabrik von O. Titel hervorgegangen, doch sind statt der Einfassungsleisten hier Eckpilaster, die sich auf einem Unterbau erheben, angeordnet. Derartige Öfen mit Unterbau werden auch unter Fortlassung des Kamins gesetzt und heißen dann Öfen mit Mittelgesims oder Öfen mit Untersatz.

Da die zart ornamentierten Terrakotten ihre Schärfe behalten sollen und deshalb unglasiert geliefert werden, so hat nach erfolgter Fertigstellung und Austrocknung der Maler die dekorativen Teile des Ofens mit Ölwachsfarbe passend zu tönen, zu bronzieren oder zu vergolden, während die Kachelflächen ihre weiße Schmelzfarbe behalten.

Erfreulicher sind diejenigen Bestrebungen, welche dahin zielen, den farbig glasierten Ofen, wie ihn die Spätzeit der Renaissance in Deutschland gezeitigt hatte, uns zu erhalten und weiter auszubilden. Ein Beispiel dieser Art ist der auf Taf. 17 dargestellte, mit dem Staatspreise gekrönte Ofen der frühern Aktiengesellschaft für Ofenfabrikation in Berlin.

Die Wiederaufnahme der Majolikatechnik hat übrigens dahin geführt, auch Kamine in diesem Materiale darzustellen, die durch Formeneleganz und Farbenwirkung den Marmorkaminen Konkurrenz zu machen im stande sind.

C. In Rücksicht auf die Anordnung der Züge werden unterschieden:

I. Öfen mit liegenden Zügen,
II. Öfen mit stehenden Zügen,
III. Öfen mit gemischten Zügen.

I. Eine strenge Durchführung liegender Züge zeigt nur der, an anderer Stelle zu besprechende, Ofen mit eisernem Heizkasten (Taf. 13, Fig. 3 und 4). Dagegen sind bei dem auf Taf. 10, Fig. 2 und 3 im Durchschnitte dargestellten Ofen die Anordnungen so getroffen, daß über den liegenden Zügen im obern Teile stehende angelegt sind, wodurch der Querschnitt derselben gegen die Einmündung in den Schornstein verringert und ein lebhafterer Rauchabzug befördert wird. (Gemischte Züge.) Die Anbringung einer Wärmeröhre (Taf. 10, Fig. 2 und 3) ist zwar im Haushalt erwünscht, aber für die Heizkraft des Ofens nicht vorteilhaft und wird diese daher bei guten Öfen fortgelassen. Die Seitenwände der Röhre werden mit Kacheln ausgelegt, ebenso die Decke, wenn letztere nicht durch eine Chamottetafel oder ein Eisenblech gebildet wird; als Abschluß nach vorn dient eine Messingthür.

II. Auch bei dem auf Taf. 10, Fig. 4 und 5 im Durchschnitte und Fig. 8 im Horizontalschnitte bei C dargestellten Ofen mit stehenden Zügen ist erst ein liegender Zug über dem Feuerkasten eingeschaltet und darüber folgen oberhalb die vertikalen Züge, in denen der Rauch auf und nieder geführt wird, bis er im letzten Zuge oberhalb in das Rauchrohr entweicht. Der Abschluß der Heizöffnung erfolgt in Fig. 3 und 4 durch eine eiserne Thür mit Luftregister.

Taf. 11 stellt einen nach russischem System mit stehenden Zügen gesetzten Ofen dar, wodurch gleichzeitig das Beispiel eines „Eckofens" gegeben ist, wie derselbe in besseren Wohnräumen mit Vorliebe zur Aufstellung kommt. Er ist im Grundriß fünfeckig und erhält die Einfeuerung an der dem Zimmer zugekehrten Breitseite; seine kurzen Seiten, welche einen stumpfen Winkel bilden, heißen die Flügel des Ofens.

Man wirft den Ecköfen geringere Heizkraft vor, weil der mittlere Zug seine Wärme nicht an die Zimmerluft absetzen kann. Dies wird durch Anlage eines dreieckigen Hohlraumes n, den sogenannten „toten Zug", vermieden, in welchen die Zimmerluft in der Richtung des Pfeiles eintritt, sich erwärmt, aufsteigt und unterhalb der Ofendecke durch eine vergitterte Öffnung in das Zimmer zurück gelangt. Die Wandungen dieses Cirkulationskanales werden am besten aus Kacheln hergestellt.

Eine weitere nachahmungswerte Anordnung des russischen Ofens ist folgende: um das Durchdringen des Rauches durch entstandene offene Fugen des Ofens — welche sich in der Regel nach zu starker Heizung zeigen — zu vermeiden, ist (vgl. Taf. 11, Fig. 10) ein gespaltenes Dachsteinstück b in Lehm über die Kachelfugen gedrückt, welches dieselben innen bedeckt. Hierbei stützen sich die vertikalen Fugendecken zu unterst auf die Herddecke, tragen dabei die horizontalen Decksteine und verhindern deren Herabfallen; der Lehmverstrich an den Kanten der Decksteine muß allerdings sorgfältig hergestellt sein. Die Durchschnitte des Ofens nach HI und FG stellen diese Konstruktion im Zusammenhange dar, während der Gang, den die Feuergase im Ofen durchlaufen, leicht aus den in den Grundrissen Fig. 6 und 7 eingeschriebenen Zahlen zu ersehen ist. Die Bewegung des Feuers geht vom Herde aus in 1 und in allen Zügen mit ungeraden Zahlen aufwärts, dagegen in den Zügen mit geraden Zahlen abwärts, durch die Öffnung s des Trichters in das Rauchrohr r von Eisen oder Thon und sodann in den Schornstein. Der Abschluß des Ofens erfolgt nach russischer Art durch den in § 31 beschriebenen doppelten Verschluß mit eisernen Deckeln. Um zu den Deckeln gelangen zu können, befindet sich unmittelbar darüber eine Öffnung t in der Seitenwand des Ofens, welche mit möglichst dicht schließender Thür zu versehen ist. Sicherer wird die Anlage da, wo die „Gusche" in die Mauerdicke verlegt werden kann und der Verschluß vom Korridor her erfolgt.

Um das Austreten des Rauches durch Ritzen in der Ofendecke zu vermeiden, sind alle Feuerzüge oberhalb durch doppelte Decken abgeschlossen.

D. Es erübrigt in unserer Darstellung der Ofenkonstruktionen auch der gebräuchlichen Verschlußvorrichtungen zu gedenken, welche bei den Kachelöfen in Gebrauch sind. Die sogenannte bewegliche „Klappe" im eisernen Ofenrohre ist ihrer Gefährlichkeit halber heute selbst auf dem platten Lande durch polizeiliche Bestimmungen verboten, um die früher so häufig vorkommenden Fälle des Erstickens durch Kohlenoxydgas unmöglich zu machen. Aus

diesem Grunde sind jetzt überall durch neuere Bestimmungen die luftdicht schließenden Ofenthüren vorgeschrieben.

Nach der Art des Verschlusses unterscheidet man drei Gattungen von luftdichten Ofenthüren, nämlich:

Kittthüren, Balkenthüren, Hebelthüren.

1. Die Kittthür. Taf. 16, Fig. 2—2b. Die von Gußeisen gefertigte Zarge ist zur Aufnahme von zwei, gleichfalls gegossenen, Thüren eingerichtet, von welchen die innere die Konstruktion einer gewöhnlichen Heizthür zeigt, wie sie in Fig. 112 dargestellt ist, die äußere dagegen hat auf ihrer nach innen gekehrten Seite eine angegossene Nut, in welche ein an der Zarge angebrachter Rand eingreift. Zum vollständigen luftdichten Verschluß, welcher durch das feste Andrücken der Thür bewirkt werden soll, wird die Nute mit einem elastischen Kitt aus Graphit und Asbest ausgefüttert, der die Unebenheiten des Randes aufhebt. Das Anpressen erfolgt mittels einer Schraube, die ihr Muttergewinde in der Zarge selbst hat, und die Spindel wird durch das Aufsetzen eines besondern Schlüssels gehandhabt. Fig. 3 u. 3a, Taf. 15 stellen endlich die zugehörige messingene Vorthür dar.

Fig. 112.

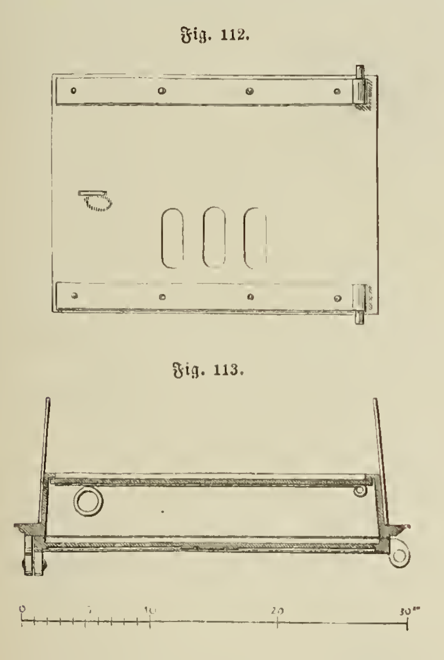


Fig. 113.

2. Die Oberbalkenthür. Durch das häufige Öffnen und Schließen der Kittthür wird die Ausfütterung der Nut leicht beschädigt und ihre Ergänzung im Sinne der Sicherheit oft nötig. Dies hat Veranlassung gegeben zu der in Fig. 1 und 1b dargestellten Oberbalkenthür. Hier sind nämlich zwei Zargen vorhanden, wovon die äußere wieder zur Aufnahme der luftdichten Thür dient, die mit ihrem abgeschliffenen Rande auf den geschliffenen Rand der innern Zarge aufsetzt. Die Anpressung erfolgt durch einen übergelegten Balken, in dessen Mitte eine Schraube befindlich ist; einige Umdrehungen des Schlüssels bringen dann den nötigen Schluß hervor. Nach außen wird die Vorrichtung ebenfalls durch die Messingvorthür gedeckt.

Neuerdings fertigt man sowohl Kitt- als Oberbalkenthüren auch ornamentiert in Gußeisen und in Messingguß, dadurch wird die Messingvorthür entbehrlich gemacht. Der Schraubenschlüssel ist in diesem Falle fest mit der Spindel vereinigt.

3. Die Hebelthür. Fig. 112—116. Sie besteht aus einer gewöhnlichen Heizthür (Fig. 112), mit Luftregister, welche an den vorstehenden angegossenen Rand der gußeisernen Zarge anschlägt, und aus einer schweren

Fig. 114.

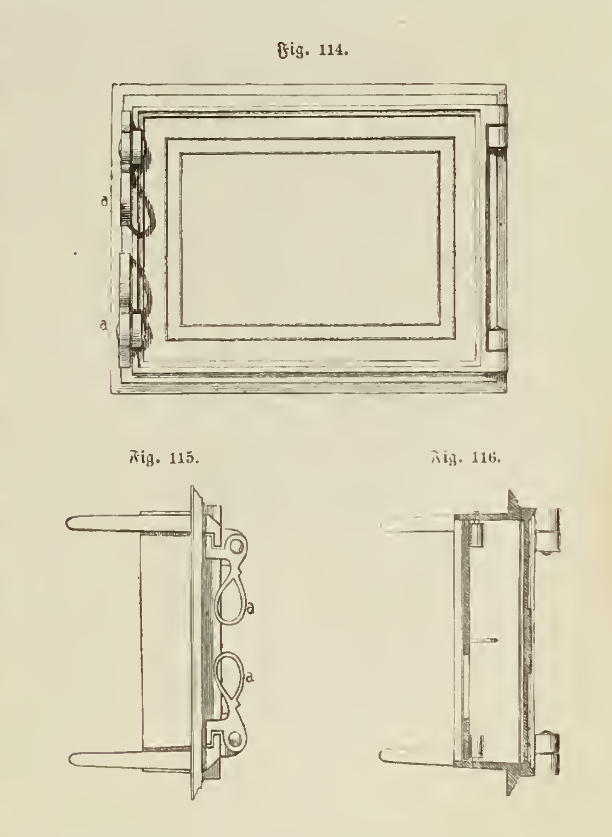


Fig. 115. Fig. 116.

äußern Rahmenthür von Eisen oder Messing, mit in den Rahmen eingeschliffenem Rande. Das Anpressen der letztern erfolgt durch zwei Hebel a a, Fig. 114, welche in der Stellung der Fig. 115 in entsprechende hakenförmige Ansätze des Rahmens eingreifen und dadurch den sichern Schluß bewirken. Der einfachen Handhabung und Billigkeit wegen sind diese Thüren sehr beliebt. Die vordere Hebelthür wird entweder in Gußeisen schwarz oder bronziert, oder in Messingguß geliefert, und danach variiert auch deren Preis

III. Gemischte Öfen.

§ 34.

Um eine schnellere Erwärmung hervorzubringen, als sie das Material der thönernen Öfen gestattet, waren in Deutschland schon vor mehr als 50 Jahren Leitungsöfen mit viereckigem gußeisernem Untersatze in Gebrauch. Der eiserne Brennraum soll alsdann die Wärme schnell verbreiten, während das Material des thönernen Aufsatzes als schlechter Wärmeleiter die nachhaltige Aufspeicherung der Wärme zu bewirken hat.

Ein Ofen nach diesem Systeme ist u. a.:

1) der von G. v. Winiwarter in Wien konstruierte, derselbe ist in 2 Horizontalschnitten, einem Vertikalschnitte

Fig. 117.
Schnitt nach NN.

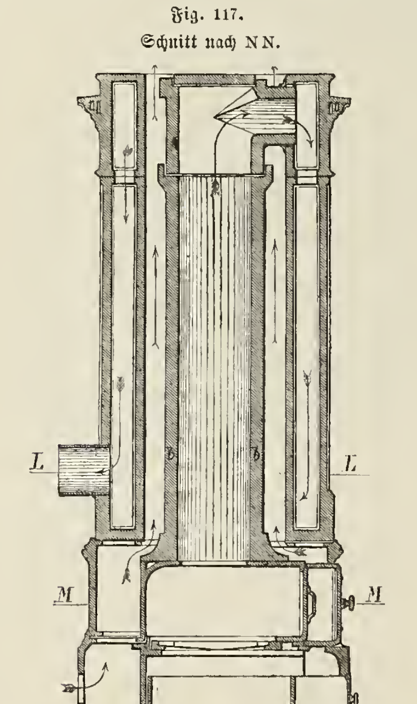
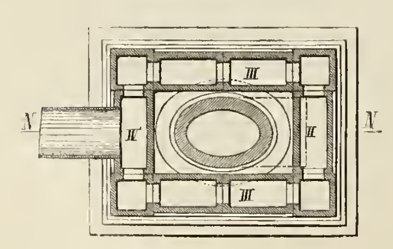


Fig. 118.
Schnitt bei LL.



und einer Ansicht in den Figuren 117—120 dargestellt. Der Sockel desselben besteht in seiner ganzen Höhe aus Gußeisen; in demselben ist der gußeiserne Heizkasten nebst Rost und Aschenfall untergebracht. Vom Sockel aufwärts ist der Winiwarter'sche Ofen in allen Teilen aus Thon konstruiert.

Über dem eisernen Heizkasten erhebt sich eine elliptische starkwandige Röhre aus Chamotte b b, die von einem Mantel aus doppelwandigen, hohlen Thonkästen umgeben ist. Die Flamme steigt in der Röhre b b senkrecht nach oben, geht dann in den hohlen Ofenmantel über, die Züge II, III und IV durchstreichend, und mündet an tiefer Stelle bei L in den Schornstein.

Die Zimmerluft gelangt durch Öffnungen im Ofensockel in den Hohlraum zwischen dem elliptischen Rohre b b und dem Ofenmantel und strömt erwärmt durch Öffnungen in der Ofendecke aus.

Der Ofen von Winiwarter ist wegen der großen,

Fig. 119.

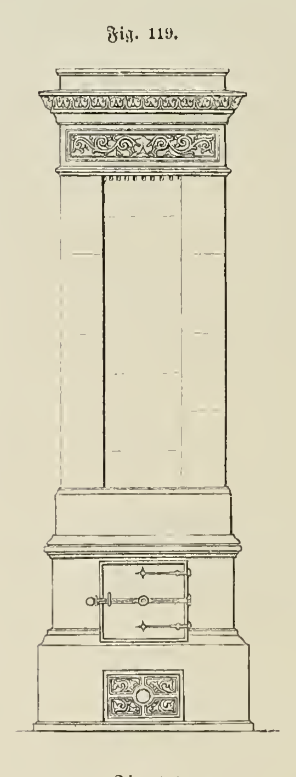
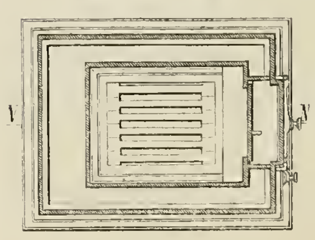


Fig. 121.

Fig. 120.
Schnitt nach MM.



aus Thon gebrannten Versatzstücke ziemlich teuer und beim Transport leicht zerbrechlich.

2) Der Staebe'sche Schulofen (Fig. 121 in Durchschnitt und Grundriß), welchen die Ofenfabrik vormals Duvigneau & Co. in Magdeburg fabriziert und auf der Spezialausstellung zu Cassel ausgestellt[1]) hatte. Der Haltbarkeit wegen sind die

1) Katalog der Casseler Spezialausstellung. II. Aufl. S. 114.

untersten Kachelschichten mit eisernen Bändern gebunden, Heizthür und Aschenthür sind luftdicht schließend, der eiserne Heizkasten ist mit Chamotteplatten ausgefüttert. Zur Erzielung einer Zimmerventilation sind drei Stück 7 cm weite viereckige eiserne Rohre in das Ofengemäuer dicht schließend eingefügt. Das eine, vom Fußboden bis zur Decke reichende Rohr v steht mit der äußern Luft in Verbindung; das Rohr u dient zur Cirkulationsheizung, Rohr w saugt die verdorbene Luft vom Fußboden ab und leitet sie nach dem Schornsteine.

3) Bei dem Ofen des Ingenieur Born in Magdeburg besteht nicht allein der Untersatz, sondern der ganze äußerlich sichtbare Aufbau aus Eisen. Dieser Metallmantel ist, wie Taf. 13, Fig. 1—4 verdeutlicht, in der Nähe des Feuerraumes mit Chamotte, in den oberen Partien und unterhalb des Rostes mit Mauerziegeln ausgefüttert. So findet eine innige Vereinigung beider Materialien statt. In der Mitte des kreisrunden Ofenkörpers befindet sich ein aus Chamotte- resp. aus Mauerziegeln errichteter Kern von $1^1/_2$ Stein Durchmesser, um welchen die Feuerzüge I und II symmetrisch angeordnet sind; behufs schnellerer Anwärmung des Zimmers ist der III. Zug als metallenes Rohr gebildet.

Der Ofen wird 1—$1^1/_2$ Stunde lang scharf geheizt, dann die Thür luftdicht geschlossen; hierbei wirken die erhitzten Thonmassen, wie wir dies bei den Massenöfen kennen gelernt haben, lange Zeit als Wärmereservoir.

Nach dem Schließen der Ofenthür kann der Schornstein benutzt werden, um die kälteren Luftschichten vom Fußboden abzusaugen; man erreicht dies durch Anlage eines mit dem Zimmer kommunizierenden Kanales unter der Diele. Hierbei sinken die wärmeren Luftschichten von der Decke her nach und die Zimmertemperatur wird in verschiedenen Höhenlagen eine sehr gleichmäßige. —

4) Der Feilner'sche Ofen. Durch den Ofenfabrikanten Feilner in Berlin wurde zuerst der gußeiserne Heizkasten in das Innere des Ofens verlegt. Auf Taf. 14 ist ein derartiger Ofen in vier Horizontalschnitten, welche in den Höhen bei A, B, C und D genommen sind, in dem Quer- und Längenschnitte Fig. 3 und 4 und in Vorder- und Seitenansicht dargestellt.

Die ungleichmäßige Ausdehnung des Eisens in der Wärme verlangt eine möglichst freie Lage des eisernen Heizkastens, wenn das Auseinandertreiben des Ofens verhütet werden soll. Derselbe wird aus einer Grund- und Deckplatte und 3 Seitenplatten zusammengesetzt und in einen Falz des Ofenmauerwerkes so eingeschoben, daß Spielraum für die Ausdehnung verbleibt. Eine doppelte Dachsteinlage, welche über 4 Stücken von Mauerstein gestreckt ist, dient ihm als Unterlage. Zum Zwecke leichterer Bewegung ist diese Decke mit trockenem Sande bedeckt. Zur Ableitung des Rauches aus dem Heizkasten ist auf denselben ein gußeiserner Cylinder stumpf aufgesetzt. Die Dichtung der Fuge wird durch Sandbettung bewirkt, welche ein umgelegter Lehmwulst festhält. Der Cylinder trägt auf seinem Flansche eine oval gelochte Eisenplatte, und darüber folgt eine Schicht Dachsteine, wodurch der Abschluß gegen die nun folgenden liegenden Züge bewirkt wird. Diese Züge sind sämtlich mittels einer durchgehenden, vertikalen Zunge geteilt, dadurch wird der Weg des Feuers verlängert und eine möglichst vollständige Abgabe der Wärme an die Ofenwandungen erzielt. Um die vom Heizkasten ausgestrahlte Wärme nutzbar zu machen, sind im Sockel des Ofens in Höhe bei A drei Gitterkacheln angebracht, durch welche die Zimmerluft einströmt, sich an den Wandungen des Kastens erwärmt und über C durch die oblonge Gitterkachel ins Zimmer zurückkehrt. Bei fortgesetzter Cirkulation wird eine schnellere Erwärmung des Lokales erzielt, als durch gewöhnliche Kachelöfen und die ziemlich empfindlichen Schmelzkacheln werden von der Hitze des Herdes nicht alteriert.

Die Kosten eines derartigen Einsatzes erhöhen den Preis des kompletten Ofens um ca. 30 Mark; letzterer pflegt je nach Größe, Reinheit und Weiße und dem Grade dekorativer Ausstattung erheblich im Preise zu schwanken.

5) Von Duvigneau & Co. in Magdeburg wird ein sogenannter „Einsatz- oder Gitterofen" fabriziert, der ebenfalls in die Kategorie der gemischten Öfen gehört und mancherlei Nachahmung und Verbreitung fand. Ein derartiger Ofen unterscheidet sich im Unterbau nicht von den gewöhnlichen Zimmeröfen; aber die schnellere Erwärmung wird hier dadurch erreicht, daß man inmitten des Ofens eine vorn und hinten offene Nische aus Kacheln errichtet und in dieser einen vollständigen, gußeisernen „Reguliereinsatz", wie wir dieselben bei den Mantelöfen kennen gelernt haben, aufstellt.

Während der Einsatz nach dem Zimmer hin durch eine zweiflügelige bronzierte Gitterthür verdeckt wird, kann die Zimmerluft an der Rückseite des Ofens in die offene Nische treten und erwärmt durch das vordere Gitterwerk ins Zimmer zurückkehren. (Taf. 15, Fig. 1—3.)

Der eiserne Einsatz, den wir detailliert Fig. 122 im Grundriß und Fig. 123 im Durchschnitt dargestellt haben, ist mit Chamotte ausgefüttert, mit Hängerost, Planrost und Regulierschraube versehen und oben zum Anschluß an das gußeiserne Rohr d trichterförmig verengt. Die Zusammensetzung des Einsatzes erfolgt aus vier gußeisernen Platten a a und einem untern Kranz b mit Falzverbindung; oberhalb werden die Platten durch die trichterförmige Haube c zusammengehalten. Über der letztern ist mit guter Dichtung ein Rohrstutzen d aufgesetzt, welcher die eiserne Decke f der Nische durchdringt. Aus dem Rohr steigt der Rauch in dem Zuge 1 nach der Richtung des Pfeiles empor, fällt in 2

abwärts, umspielt den untern Abschluß der Nische, steigt in 3 auf und gelangt durch den liegenden Zug 4 in das Rauchrohr und in den Schornstein.

Die zur Verbrennung nötige Luft wird dem Rost durch die Regulierschraube zugeführt, die Asche aber fällt durch die Spalten des Rostes in den beweglichen Aschenkasten hinab,

Fig. 122.

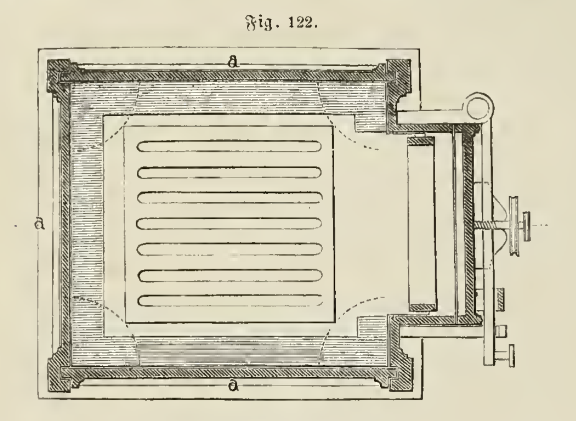
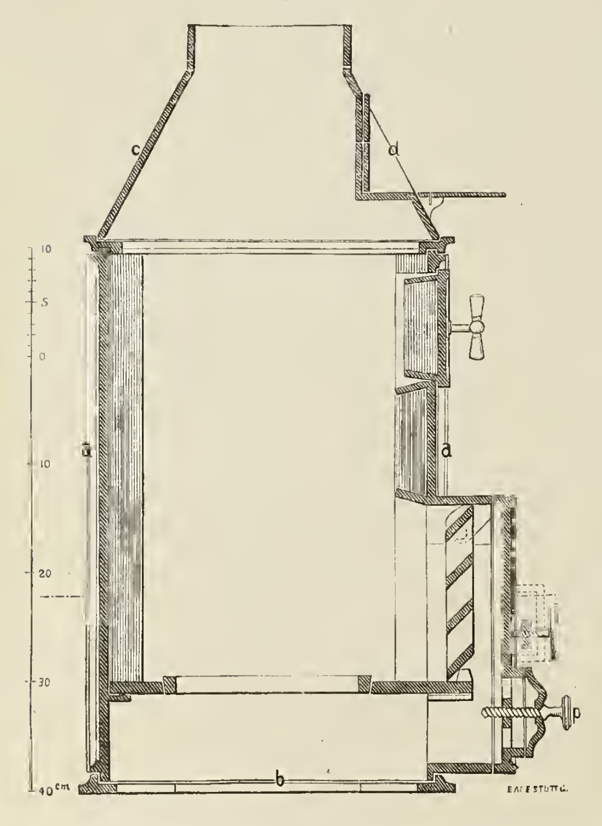


Fig. 123.

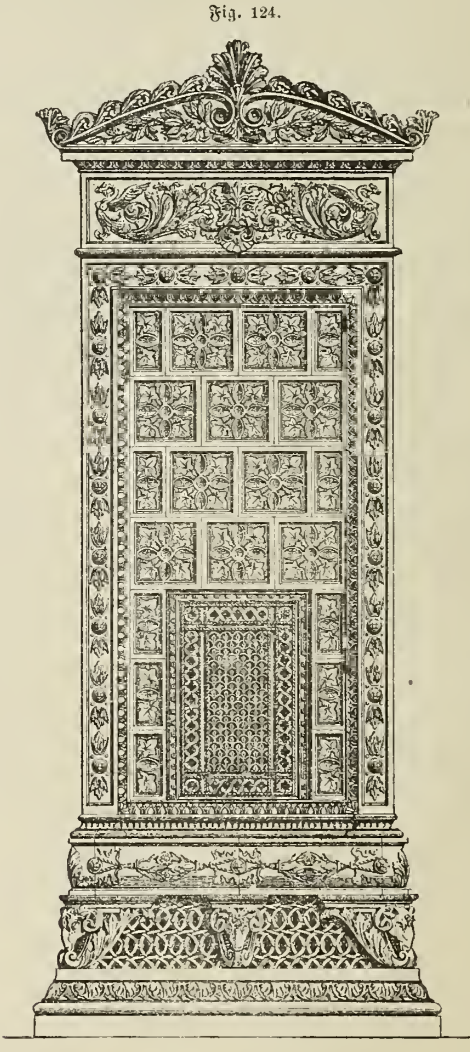


der auf einer Eisenplatte ruht. Die mit Deckel versehene Öffnung der Platte dient zur Entfernung von angesammelter Flugasche und Ruß.

Vorzüge dieses Ofens sind: *Dauerhaftigkeit*, da der Einsatz unabhängig von den Kachelwandungen aufgestellt ist. Reparaturen der Eisenteile können leicht ausgeführt werden, ohne daß ein Umsetzen des Kachelmantels nötig ist; die Heizthüren liegen nicht in den Kachelwänden, was die Schmelzkacheln wesentlich schont; die Bedienung ist einfach wie bei allen Regulieröfen; die Erwärmung tritt ziemlich schnell ein und die thönernen Wandungen des Mantels bilden ein Reservoir, welches auch nach dem Abbrennen des Füllschachtes noch längere Zeit wärmestrahlend wirkt.

Die Ausbildung der Einsatzöfen hat eine befriedigendere Lösung dadurch erfahren, daß man sich bemühte, den

Fig. 124.



Gitterverschluß organischer als bisher in den architektonischen Aufbau einzufügen. Die Thonwarenfabrik vorm. O. *Duvigneau* & Co. in Magdeburg fabriziert derartige Öfen als Spezialität in Schmelzkacheln und in *plastisch verzierten* Kacheln mit farbiger Glasur in verschiedenen Gattungen:

a) *Grundöfen*, viereckig oder fünfeckig, zur Aufstellung in Zimmern *gewöhnlicher* Größe geeignet.

b) *Einfassungsöfen*, postamentähnlich mit Vasenkrönung für kleine elegante Zimmer oder Boudoirs;

c) *Öfen mit Mittelsims*, in deren Untersatz ein

besonders großer Einsatzofen eingefügt ist, wodurch derselbe zum Erheizen größerer Salons geeignet wird;

d) Kaminöfen, mit vollständigem kaminähnlichem Unterbau — nach Art des auf Taf. 8 dargestellten —, aber als Gitteröfen mit kaminartigen Vorthüren konstruiert, so daß große Räume in kurzer Zeit wirksam erwärmt werden können.

Der in Fig. 124 dargestellte Ofen giebt ein entsprechendes Beispiel des Gitterofens mit reicher Einfassung, plastisch verzierten Kacheln und farbigen Glasuren. Der Sockel ist gitterähnlich durchbrochen, um das Einströmen kalter Luftschichten am Fußboden zu ermöglichen; während deren Austritt durch die einflügelige bronzierte Gitterthür erfolgt.

6) Als ferneres Beispiel der Öfen gemischter Art teilen wir endlich auf Taf. 18, Fig. 1—6, eine in Süddeutschland und speziell in Karlsruhe sehr gebräuchliche Konstruktionsweise mit. Diese Öfen werden fast ausschließlich von innen geheizt und gewähren, da sie meist aus fein glasierten Kacheln zusammengesetzt sind, ein ziemlich gefälliges Ansehen. Das Ofenrohr ist in der Regel mit Klappe versehen, doch könnte die letztere bei luftdichtem Thürverschluß sehr wohl entbehrt werden. Auch der Rost bleibt häufig ganz fort, da vorwiegend Holz als Brennmaterial zur Anwendung gelangt: in dem vorliegenden Beispiele ist jedoch auf Steinkohlenheizung Bedacht genommen und deshalb Rost nebst Aschenfall nach Art der eisernen Etagenöfen angebracht.

Auf Taf. 17, Fig. 1 ist die Vorderansicht und in Fig. 6 ein Teil der Seitenansicht des Ofens zusammengestellt. Fig. 2 giebt den Längsschnitt nach der Richtung EF des Grundrisses, Fig. 3 den Querschnitt nach der Linie GH, während die Horizontalschnitte nach A-B und C-D die Ausfütterung des Feuerraumes resp. die Anordnung der Wärmeröhre erkennen lassen.

Der Karlsruher Ofen besteht zu unterst aus:

1) dem eisernen Gestell, d. h. einer gußeisernen Platte mit vier schmiedeeisernen, 13—15 cm hohen Stützen von Quadrateisen. (Bei größerer Länge des Ofens dürften sechs Stützen erforderlich sein.) Die eisernen Stützen werden durch Füße von gebranntem Thon bekleidet, falls man nicht etwa den Sockel als geschlossenen Körper behandelt. Auf der Eisenplatte ist das Gestell für die Heizthüre (Thürzarge) mittels ⌋⌈-förmiger „Winkelstützen" aufgenietet. Die gegossenen Roststäbe ruhen an den Enden auf zwei schmiedeeisernen Schienen fest auf; zwei dergleichen Schienen sind unterhalb mit der Gußplatte vernietet und soll auf letzteren eine Bewegung des Rostes gestattet sein. Der Aschenbehälter ist verschieblich in einem, mit der Platte vernieteten, vorn offenen Blechkasten untergebracht und mit ein oder zwei Thürchen zur Regulierung des Zuges versehen.

Auf die Gußplatte werden nun die unteren Sockelkacheln aufgesetzt; sie sind 8—10 cm hoch, mit dichtschließenden Fugen aneinander geschliffen und mit Dachsteinen in Lehmmörtel gut ausgefüttert.

3) Auf dem Untergesims ruhen dann in der oben beschriebenen Art die vier Eckkacheln und die dazwischenliegenden geraden Kacheln jeder Schicht. Alle horizontalen Fugen der Schichten werden ortsüblich durch Messingreifen, deren Enden man zusammenschraubt, gedeckt. Eine horizontale Verankerung der Schichten ist im vorliegenden Falle durch die Anlage zweier Wärmeröhren gegeben, welche für häusliche Zwecke benutzt werden können und dann hinten geschlossen und vorn mit Vorthüren versehen, oder (wie in unserer Zeichnung) hinten offen und an der Vorderseite mit einer durchbrochenen ornamentierten Kachel geschlossen sind. Es entstehen hierbei die sogenannten „Durchsichten", deren unser Ofen zwei erhalten hat. — Die Böden der Durchsichten werden in Karlsruhe von Blech- oder Gußeisenplatten hergestellt, um eine rasche Erwärmung des Zimmers zu erzielen. Für die Böden, welche dem Stichfeuer besonders ausgesetzt sind, würde indessen eine Dachsteindecke mit darüber liegender Kachelbekleidung bei weitem vorzuziehen sein, da diese einen haltbareren, dichteren Abschluß der Züge liefert. Angesammelte Staubteilchen können alsdann auf der Kachelbekleidung des Bodens nie so weit erhitzt werden, daß sie verkohlen und lästigen Geruch im Zimmer erzeugen, was bekanntlich bei schlecht konstruierten eisernen Öfen sich einzustellen pflegt. Undichte Stellen in dem Boden der Wärmröhre, und infolgedessen Eindringen von Rauch in das Zimmer, werden ebenfalls hierbei vermieden. Dagegen dürfen die Decken der Durchsichten, welche der Stichflamme nicht ausgesetzt sind, aus Eisenplatten hergerichtet werden. Im vorliegenden Falle bestehen dieselben aus Eisen und sind mit Blechkapseln versehen, um erforderlichen Falles eine Reinigung der horizontalen Züge von der Wärmröhre her bewirken zu können.

4) Die Decke des letzten liegenden Zuges ist aus Dachsteinen hergestellt. Um die von derselben ausgestrahlte Wärme für das Zimmer nutzbar zu machen, sind die Gesimskacheln, welche die sogenannte „Gallerie" bilden, durchbrochen und oberhalb mit einer geschliffenen Sand- stein- oder Marmorplatte abgedeckt. Die Durchbrechungen der Kacheln gestatten alsdann, daß die Luft, nachdem sie sich bei der Cirkulation erwärmt hat, ins Zimmer zurückgelangt.

Eine Ausfutterung mit Dachsteinen ist zum Zwecke schneller Erwärmung bei vorgenanntem Ofen nur auf vier Schichten Höhe erfolgt; die obern Schichten sind lediglich mit Lehm sorgfältig verstrichen, um das „Durchbrennen" und das „Durchrauchen" in den Fugen zu vermeiden. Wünscht man eine anhaltendere Wärmequelle zu erzielen, so

muß die Auskleidung eine durchgehende sein. Mit Rücksicht auf das zur Anwendung kommende Brennmaterial, die Steinkohle, ist der Herd „schachtförmig" verengt, wobei eine kräftige Ausfutterung mit Chamottesteinen ermöglicht wird.

5) Im äußern Aufbau erinnert der Karlsruher Ofen schon durch sein Untergestell an die Vorbilder des Mittelalters; seine mit Rand versehene Kachel ließe sich leicht zur Reliefkachel umbilden und durch Anwendung farbiger Glasuren die volle Wirkung des altdeutschen Ofens erzielen.

§ 35.

Rundöfen.

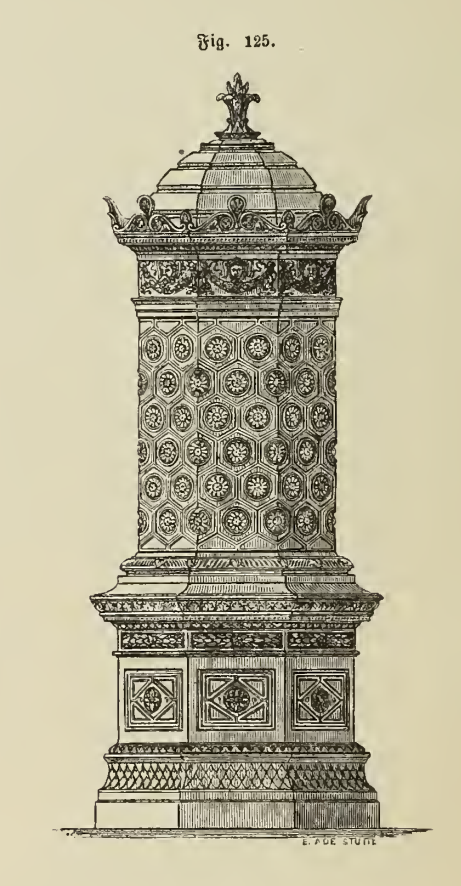
Außer diesen letztgenannten Karlsruher Öfen von viereckigem Grundriß hat sich am Orte seit längerer Zeit eine Gattung runder Öfen eingebürgert und beliebt gemacht, welche im Prinzipe kaum von der Konstruktion der Vierecksöfen verschieden ist, aber doch einige charakteristische Abweichungen, namentlich in Ansehung der Züge, des Rostes und der Durchsichten zeigt. Ein derartiger Ofen aus der Fabrik des Hoflieferanten Eduard Meyer in Karlsruhe ist auf Taf. 19, Fig. 1 in der Ansicht, Fig. 2 im Vertikalschnitt, Fig. 3—6 in verschiedenen Horizontalschnitten dargestellt. Die Rundöfen werden in verschiedenen Größen und Nummern von 1 m — 2,5 m Höhe hergestellt und von 33—65 cm Durchmesser; der hier gezeichnete Ofen hat 1,68 m Höhe und 54 cm Durchmesser und absorbiert daher bei 3,34 qm Heizfläche verhältnismäßig sehr wenig Zimmerraum. Er verbindet die Vorteile des eisernen Rundofens mit den Vorteilen der Thonöfen. Die größeren Fabriknummern werden meistens mit festem Sockel gesetzt.

Die Konstruktion anlangend, ruht das eiserne Untergestell wiederum auf vier schmiedeeisernen, mit Thierfüßen bekleideten Stützen. In der Mitte des Gestelles befindet sich der kreisrunde Rost mit beweglichem Aschenkasten. Darüber folgt die Sockelschicht und nunmehr die erste Kachelschicht mit gußeiserner, luftdichter Thür- und Messingvorthür. Die Kacheln haben 21 cm Breite und 23 cm Höhe und sind nicht glatt, sondern gerieft; die Stoßfugen werden zusammengeschliffen, die Lagerfugen durch Messingringe gedeckt.

Zur Vermehrung der Heizfläche hat der Ofen zwei Durchsichten, welche am vordern und hintern Ende mit ornamentierten Gitterkacheln geschlossen sind. Statt der letzteren wendet man zum Verschluß an der Vorderseite auch Messingthüren an und gewinnt dann zwei abgeschlossene Wärmröhren, welche für Wirtschaftszwecke meist erwünscht sind. Die innere Wandung der Wärmeröhren wird (vgl. Fig. 2), durchgängig aus gefalzten Eisenplatten hergerichtet. Über und zwischen den Wärmeröhren sind doppelte Dachsteinschichten horizontal auf Eisenschienen gelagert, um den Verbrennungsprodukten auf ihrem Wege zum Schornsteine möglichst viel Wärme zu entziehen. Im übrigen ist die Bewegung der Feuergase durch die, in Fig. 2 und Fig. 4—6 eingezeichneten Pfeile ersichtlich; jene treten in Höhe von gh in das Rauchrohr und demnächst in den Schornstein. Auch die Ofendecke ist im vorliegenden Falle aus doppelten Dachsteinen hergestellt.

Wegen größerer Haltbarkeit der Kacheln und zur Vermehrung des Reservationsvermögens sind dieselben bis

Fig. 125.



zur Ofendecke hinauf ausgefüttert; am Herde selbst ist außerdem eine starke Ausfutterung von Chamottesteinen vorhanden.

In Norddeutschland ist die zuletzt beschriebene Ofengattung gemischter Konstruktion wenig in Gebrauch; man setzt sie dort durchgängig mit festem Sockel als sogenannte „Grundöfen", die Wärmröhren mit Gitterkachel fallen fort.

Reizvoller im Aufbau, reicher und effektvoller in der Gliederung sind die neueren Muster, welche an Stelle des Kreises das Achteck als Grundform verwenden. Ein schönes Beispiel ist der in Fig. 125 dargestellte (von Ihne und Stegmüller) gezeichnete achteckige Majolikaofen.

Der Unterbau desselben ist aus je vier größern Platten zusammengesetzt, deren Stoß abwechselnd auf der Mitte der korrespondierenden Seiten des Achteckes liegt, in der Art, daß jedes Versetzstück eine ganze und zwei halbe Seiten enthält. In ähnlicher Weise ist der Fries mit Architrav, das Gesims und die Kuppelkrönung hergestellt. Die Masken im Fries, die Rosetten des Postamentes werden nachträglich — um die Stoßfugen zu decken — eingesetzt. Der eigentliche Schaft des Ofens ist aus achteckigen Kacheln sauber zusammengeschliffen und die Eckkacheln sind separat im zugehörigen Winkel geformt. Die Grundfarbe der Majoliken ist ein helles Kastanienbraun, aufgelichtet mit Gelb; das Blattwerk ist grün.

Die Anordnung der Züge ist so getroffen, daß eine vertikale Zunge den Ofen in zwei Hälften teilt; über derjenigen Abteilung, welche den Feuerraum einschließt, sind durch eingelegte horizontale Decken nur „liegende Züge", in der andern Abteilung „stehende Züge" hergestellt. Die Einfeuerung befindet sich in einer Füllung des postamentähnlichen Untersatzes.

Hiermit schließen wir unsere Beschreibung der gebräuchlichsten Ofenkonstruktionen der Gegenwart, deren erschöpfende Behandlung, bei der Reichhaltigkeit des Materials, den Zwecken dieses Werkes fern liegt.

§ 36.

I. Bestimmung des Nutzeffektes der Stubenöfen.

Ein Hauptvorteil dieser Apparate für Lokalheizung besteht darin: daß alle durch die Wände derselben abgegebene Wände für das zu heizende Lokal effektiv nutzbar gemacht wird und daß nur die Wärmemengen verloren gehen, welche von den Verbrennungsprodukten in den Schornstein mitgeführt werden. Je geringer dieser Verlust, desto größer wird der Heizeffekt sein, und auf die Bestimmung desselben kommt es daher bei der theoretischen Berechnung eines Ofens zunächst an. Bezeichnen wir:

mit k den absoluten Wärmeeffekt[1]) des Brennmateriales,
„ p das auf Wasser reduzierte Gewicht[2]) der Verbrennungsprodukte von 1 kg Brennmaterial,
„ ϑ die Temperaturdifferenz zwischen dem zu heizenden Raume und den Gasen im Rauchrohr des Ofens,

dann ist der Nutzeffekt gegeben durch die Formel von Ferrini:

$$\eta = \frac{k - p \cdot \vartheta}{k} = 1 - \frac{p \cdot \vartheta}{k};$$

für lufttrockenes Holz kann man setzen rot.

$$k = 3000, \qquad p = 2{,}5 \text{ kg},$$

und wenn man annimmt, daß für Stufenöfen $\vartheta = 100^0$ sei, was zur Zugerzeugung immer genügt, dann ist:

$$\eta = \frac{11}{12}.$$

Für einen gut konstruierten Ofen, aus dem die Verbrennungsprodukte gehörig abgekühlt entweichen, kann man zwar $\eta = 0{,}9$ annehmen; um sicher zu gehen, wird jedoch der Nutzeffekt höchstens mit 0,80 und gewöhnlich nur mit 0,68 in Anschlag gebracht werden können.

II. Verhältnisse zwischen der Heizfläche und dem zu erwärmenden Raume.

Die Heizfläche eines Ofens wird aus demjenigen Teil seiner Wandungen, welche innerhalb mit den Verbrennungsgasen, außerhalb mit der Luft des zu erwärmenden Raumes in Verbindung stehen, gebildet, und die Größe der Heizfläche wird bedingt durch:

1) das Material der Ofenwandungen (Eisenblech, Gußeisen, Terracotta),
2) die Konstruktion des Ofens,
3) das zur Verwendung kommende Brennmaterial.

Auch die Art der Feuerung kann von Einfluß auf die Bestimmung der Heizfläche sein.

Da unsere Wände aus natürlichen oder künstlichen Steinen bestehen, welche wie bekannt die Wände hindurchleiten und die Luft der Wohnräume entweder absichtlich oder durch undichte Fugen von außen her ersetzt wird, so genügt es nicht — wie häufig in der Praxis geschieht —, die Dimensionen eines Heizapparates lediglich nach der Größe des zu heizenden Raumes zu bemessen, vielmehr wird es darauf ankommen:

> alle Wärmeverluste durch Wände, Fenster, Fußböden und Decken, soweit diese Ausstrahlungs- oder Transmissionsflächen sind, zu ermitteln, wozu die auf S. 38 zusammengestellten Transmissions-Koeffizienten dienen.

Wird die Heizfläche dagegen nur nach dem kubischen Inhalt des Raumes, ohne Rücksicht auf die Transmission, bestimmt, so gelangt man leicht zu falschen Annahmen.

Man könnte nun nach dem Vorgange von Ferrini u. A. die für einen gegebenen Raum erforderliche Heizfläche bestimmen, indem man versucht, die wechselnde Temperatur des Rauches und die Temperatur der Luft, welche die Heizflächen bespült, zu ermitteln und den Heizeffekt mit Hilfe der im dritten Kapitel gegebenen Transmissionszahlen zu berechnen. Dies Verfahren ist mühsam und oft erfolglos, weil die Temperaturen des Rauches in den Zügen des Ofens resp. im Schornsteine und die störenden Einflüsse der Rußablagerung bisher nicht genügend in Rechnung gezogen

1) Den absoluten Wärmeeffekt verschiedener fester Brennstoffe findet man in Tabelle II, S. 4 zusammengestellt.

2) Das auf Wasser reduzierte Gewicht eines Körpers ist das Produkt aus seinem absoluten Gewicht und der spezifischen Wärme desselben und beträgt für Luft 0,305 kg pro Kubikmeter.

werden können. Man ist daher lediglich auf Erfahrungswerte angewiesen.

Péclet fand die stündliche Wärmeabgabe von einem Quadratmeter Heizfläche:

a) für Öfen von gebranntem Thon = 1600 W.-Einh.
b) „ „ „ Gußeisen . . = 4000 „
c) „ „ „ Eisenblech . . = 1500 „

Diese Zahlen sind aber als Maximalwerte anzusehen, auch wird man zu a) unterscheiden müssen, ob die Ofenwandung dünn ist wie bei Kachelöfen oder dick wie bei Massenöfen. In diesem Sinne können die von Herrmann Fischer gegebenen Grenzwerte als Durchschnittszahlen dienen. Danach ist zu rechnen, daß

1) Kachelöfen für 1 qm Heizfläche 1000—1500 W.-E. (Massenöfen weniger),
2) glattwandige eiserne Öfen . . 2000—2500 W.-E.

abgeben. Angegossene Rippen erhöhen bei eisernen Öfen die Wärmeabgabe im Mittel um 600—1000 Wärmeeinheiten für 1 qm Rippenoberfläche.

III. Erneuerung der Luft der Wohnräume mittels Ofenheizung.

Die Lufterneuerung ist bei der Heizung mit gewöhnlichen Zimmeröfen bekanntlich sehr unbedeutend; sie beträgt nach Péclet $^1/_{10}$—$^1/_5$ vom Kubikinhalt des Zimmers (während bei gut konstruierten Heizkaminen stündlich eine fünfmalige Erneuerung der Luft des Raumes erfolgt. Um die den Heizkaminen eigentümlichen, lästigen Luftströmungen zu vermeiden, wendet man die früher besprochenen Cirkulationsöfen oder Mantelöfen an, bei welchen atmosphärische Luft durch einen Kanal von außen her in den Zwischenraum zwischen Mantel und Heizkörper eingeführt und der Zufluß durch eine Klappe geregelt wird. Der Mantel ist dann unterhalb bis auf die Kommunikation mit der Atmosphäre ganz geschlossen, und man erhält auf kleinem Raume leicht eine ausreichende Heizfläche mit ausreichender Erneuerung der Zimmerluft bei 0,5—0,6 m Durchströmungsgeschwindigkeit pro Sekunde.

Anm. In vielen Fällen läßt man nicht die äußere, sondern die Luft des Zimmers in dem Zwischenraume cirkulieren und hat dann zwar keinen Luftaustausch, aber schnelle Erwärmung zu gewärtigen. (Ofen von Meidinger, Geiseler, Kustermann u. A.)

Wie groß das Volum der auf solche Weise stündlich einzuführenden frischen Luft bemessen werden müsse, läßt sich nicht ohne weiteres allgemein bestimmen: es hängt vielmehr von mancherlei Ursachen, welche die Luft eines Zimmers zu verderben geeignet sind, ab. Im wesentlichen läßt sich die Luftverderbnis zurückführen:

a) auf den Atmungsprozeß und die Ausdünstung der Zimmerbewohner;
b) auf die Beleuchtung mit Gas, Öl oder anderen Beleuchtungsstoffen.

Diese Vorgänge werden im achten Kapitel „Ventilation" zusammenhängend vorzutragen sein; hier sei vorläufig folgendes erwähnt:

1) die zur Respiration und Transpiration stündlich erforderliche Luftmenge beträgt für einen erwachsenen Menschen wenigstens . 6 cbm;
2) der Luftverbrauch durch Verbrennung von 1 cm Gas beträgt . . . . 8 „
3) der Luftverbrauch einer Gasflamme mit 120 l stündlichem Gasverbrauch . . . 0,96 „

Dagegen beträgt:
die stündliche Wärmeentwickelung eines Menschen, bei ruhigem Verhalten (nach Andral und Gavaret) . . 120 W.-E.;
die Wärmeentwickelung einer Gasflamme mit 120 l stündlichem Gasverbrauch 919 „
die Wärmeentwickelung einer Kerze, welche stündlich 11 g konsumiert . . . . 108 „

Die Wärmeproduktion von Menschen und Gasflammen ist aber auch gleichzeitig eine nie versiegende Quelle der Kohlensäureproduktion, denn nach Untersuchungen von Saussure, Brunner, Boussignault, Regnault u. A. enthält reine atmosphärische Luft nur 0,3—0,5‰ an Kohlensäure, die ausgeatmete Luft dagegen (nach Vierordt) 43,34‰.

Eine Normalkerze produziert stündl. 11,3 l Kohlensäure[1])
ein Gasschnittbrenner „ „ 92,8 l „

Nun ist zwar durch die Erfahrung bestätigt, daß man sich ohne Störung des Wohlbefindens einige Stunden in einer Luft aufhalten kann, welche 10,0‰ an Kohlensäure enthält: die Kohlensäure ist also kein Bedenken erregendes Moment an sich. — Aber mit ihr in gleichem Verhältnisse nehmen auch die anderen Atmungsprodukte, d. i. der Wasserdampf und die organischen Bestandteile, zu. Diese letzteren scheinen es nun gerade zu sein, welche das Wohlbefinden stören. Lange vorher, ehe der Kohlensäuregehalt die bedenkliche Höhe erreicht, bemerkt man durch die Geruchsorgane, daß die Luft durch Stoffe verunreinigt ist, welche — wenn sie sich im Übermaß ansammeln — dieselbe vergiften und Übelkeit, selbst Ohnmacht erzeugen. Es ist daher für jeden Raum, der gesund erhalten werden soll, nötig, daß die durch Atmung, Ausdünstung und Beleuchtung verdorbene Luft ersetzt werde. Findet dann die Lufterneuerung noch stätig und ausreichend statt, so wird nicht allein der Kohlensäuregehalt, sondern auch der Gehalt an Wasserdampf auf ein zuträgliches Maß zurückgeführt.

1) Zeitschrift für Biologie. Bd. XII. Untersuchungen über Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung.

Das Quantum der abzuführenden Luft, d. h. der Ventilationsbedarf spielt also eine sehr wichtige Rolle; er wird verschieden ausfallen, je nachdem der Grenzwert der zulässigen Verunreinigung der Zimmerluft hoch oder niedrig normiert wird. — Als Maßstab für die Verunreinigung kann nach dem Vorgange von v. Pettenkofer[1]) in München mit Vorteil der Kohlensäuregehalt gewählt werden, da dieser sich am sichersten bestimmen läßt. Denn die organischen Substanzen der Luft sind nicht meßbar oder wägbar, die Sauerstoffabnahme entzieht sich der Untersuchung und der Wassergehalt ist kein sicherer Maßstab für die Verunreinigung derselben.

Pettenkofer erklärt nun jede Luft als „schlecht für beständigen Aufenthalt", welche infolge Atmung und Ausdünstung mehr als 1‰ Kohlensäure enthält; gute Zimmerluft hat nach seinen Angaben höchstens 0,7‰ Kohlensäuregehalt. Da die Kohlensäureproduktion nun nach Alter und Geschlecht verschieden ausfällt[2]), so gilt dasselbe auch für den Ventilationsbedarf. Um dieses Luftquantum theoretisch zu ermitteln, bezeichnen wir mit

C den stündlichen Ventilationsbedarf pro Kopf.

Ferner sei:

l die stündliche Kohlensäureproduktion,

p der Grenzwert der Verunreinigung der Luft,

a der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure, dann ist

$$C = \frac{l}{p - a}.$$

Ausgeatmete Luft enthält 43,34‰ Kohlensäure; sie muß also mit so viel frischer Luft gemischt werden, daß die Kohlensäure nach der Mischung höchstens den Grenzwert (0,0007) erreicht. Die atmosphärische Luft kann daher, um gut zu bleiben, nur 0,0002, höchstens 0,0005 an Kohlensäure aufnehmen, d. h. man bedarf für jedes Volumen ausgeatmeter Luft nach vorstehender Formel

$$\frac{41{,}34}{0{,}7 - 0{,}5} = \frac{43{,}34}{0{,}2} = 216{,}7 \text{ Volumina frischer Luft.}$$

Die stündlich pro Kopf ausgeatmete Luftmenge beträgt nun bei 1050 Atemzügen à 0,5 l, in der Stunde 525 l, mithin die stündliche Luftzufuhr pro Kopf

$$525 \times 216{,}7 = 113{,}8 \text{ Kubikmeter.}$$

1) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.

2) Zeitschrift für Biologie. Bd. II, S. 546.

Beispiel. Ein erwachsener Schüler produziert stündlich[1]) im Mittel 19,3 l Kohlensäure.

Für p = 0,0007 ist der Ventilationsbedarf desselben

$$C = \frac{0{,}0193}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 95{,}5 \text{ cm.}$$

Für p = 1 ist

$$C = \frac{0{,}019}{0{,}0010 - 0{,}0005} = 38{,}6 \text{ cm}$$

und zwar ohne Rücksicht auf die durch Flammen hervorgerufene Verunreinigung.[2]) Im allgemeinen muß die Erfahrung über das für verschiedene Zwecke erforderliche Luftvolumen Anhalt geben. Nach Morin[3]) ist der Luftbedarf pro Kopf und Stunde:

1)	In Krankenhäusern	70—150 cm
2)	„ Versammlungssälen . . .	50— 60 „
3)	„ Konzertsälen und Theatern	40— 50 „
4)	„ Schulen für Kinder . . .	15— 20 „
5)	„ Schulen für Erwachsene . .	30— 35 „
6)	„ Abendschulen für Erwachsene	35— 40 „
7)	„ Gefängnissen für Erwachsene	30— 40 „

Nach diesen vorläufigen Bemerkungen über Zweck und Umfang der Lufterneuerung in Wohnräumen kann nunmehr auch das Lüftungsbedürfnis durch Zahlenwerte begrenzt und für bestimmte Fälle theoretisch ermittelt werden.

In diesem Sinne fällt jeder zeitgemäßen Ofenkonstruktion die erweiterte Aufgabe zu, nicht allein den Wärmeverlust zu ersetzen, welcher durch Abkühlung der Umschließungswände hervorgerufen wird, sondern ein gleichmäßig zuströmendes Volumen frischer Luft der Art zu erwärmen, daß die Temperatur des Raumes auf nahezu konstanter Höhe erhalten wird, ein Zustand, der streng genommen nur bei kontinuierlicher Heizung eintreten kann.

Wie der durch Ventilation bedingte Wärmeverlust zu ermitteln sei, wird im folgenden Kapitel unter § 38 nachgewiesen.

1) Nach den Untersuchungen von v. Pettenkofer, Voit und Schärling.

2) Lange, Natürliche Ventilation. Tab. S. 22. Ein Teil der Kohlenwasserstoffe der Flamme entweicht unverbrannt, daher giebt die Kohlensäure allein keinen genauen Anhalt für die Ventilation beleuchteter Räume.

3) Études sur la ventilation. Tome II, p. 42.

Sechstes Kapitel.

Centralheizungen.

§ 37.

Während Kamine und Zimmeröfen als Apparate für Lokalheizung den ausgesprochenen Zweck verfolgen, durch die Feuerung nur einen, oder höchstens zwei aneinander stoßende Räume zu erwärmen, fällt den Centralheizungen die kompliziertere Aufgabe zu: entweder sämtliche, oder doch eine Gruppe von Räumen desselben Gebäudes mittels eines gemeinsamen Apparates und von einem Centralherde aus zu heizen.

Im Vergleich zu den im vierten und fünften Kapitel abgehandelten Lokalheizungen lassen sich die Vorteile der Centralheizungen wie folgt zusammenfassen:

1) Da für jede Zimmergruppe nur eine einzige, meist im Souterrain gelegene Feuerstelle zu bedienen ist, kostet die Beaufsichtigung weniger Mühe und Zeit; es wird an Dienstpersonal gespart, was bei großen, öffentlichen Gebäuden außerordentlich ins Gewicht fällt.
2) Der Verbrennungsprozeß des Centralherdes ist leichter regulierbar, gleichmäßiger und vollständiger als derjenige einer größern Anzahl von, zum Teil in verschiedenen Etagen gelegenen, Feuerstätten. Es findet aber auch eine — nachweisbare — Ersparnis an Brennmaterial statt, wodurch die größeren Anlagekosten leicht aufgewogen werden.
3) Rauch in den Zimmern und Belästigung der Inwohner durch das Heizpersonal fallen fort, auch die Feuersgefahr wird erheblich verringert.
4) Flure, Treppenhäuser, Korridore können gleichzeitig mit erwärmt werden.

Die Schwierigkeiten in der Anlage einer Centralheizung bestehen dagegen:

a) in der Beschaffung eines verständigen Bedienungspersonals;
b) in der Regulierung des Heizeffektes nach dem jedesmaligen Stande der Außentemperatur:
c) in dem Anpassen an die Grundrißdisposition;
d) dem Ausschließen gewisser Räume nach vorübergehendem Bedürfnis.

Das Medium, an welches die im Centralheizapparate entwickelte Wärme übertragen und durch welches sie an den Verwendungsort (die zu beheizenden Räume) geleitet wird, kann nun Luft, Wasser oder Dampf sein. Danach unterscheidet man:

A. die Luftheizung,
B. die Wasserheizung,
C. die Dampfheizung.

Als Kombinationen dieser drei Systeme unter sich sind noch zu nennen:

D. die Dampf-Wasserheizung, eine Kombination von B und C,
E. die Wasser-Luftheizung, Kombination von A und B,
F. die Dampf-Luftheizung, Kombination von A und C.

§ 38.

A. Die Luftheizung.

Unstreitig ist die Luftheizung die älteste, einfachste und billigste aller Centralheizmethoden. Schon die Römer der Kaiserzeit verstanden es, einzelnen Gemächern ihrer Bäder und Paläste die Wärme mitzuteilen, welche in besonderen Räumen des Untergeschosses erzeugt worden war. — In Rußland ist ein ausgebildetes System dieser Heizungsart schon nach der Mitte des vorigen Jahrhunderts in Gebrauch gewesen. Als erste Anwendung bei uns gilt die Einrichtung einer — damals so genannten — russischen Heizung für das Arbeitszimmer Friedrich des Großen im Neuen Palais zu Potsdam durch den Schloßbaumeister Manger.

Die Erwärmung der Luft findet bei diesem System in einer besondern, meist im Souterrain belegenen, Heizkammer statt. In dieser ist der Wärmeerzeuger (Calorifère) derart plaziert, daß er von den massiven Kammerwänden eng umschlossen ist. Die frische, also im Winter kalte, atmosphärische Luft wird durch einen gemauerten Kanal unter dem Fußboden des Kellergeschosses in die Heizkammer eingeführt und, nachdem sie sich an den geheizten Flächen des Calorifère auf ca. 50° erwärmt hat, steigt sie nach einfachen physikalischen Gesetzen in „Heizkanälen“, welche im Mauerwerk ausgespart sind, aufwärts. Durch mit regulierbaren Klappen versehene Ausströmungsöffnungen gelangt sie alsdann in die zu heizenden Zimmer und Säle des Gebäudes.

Um der erwärmten, neu zutretenden Luft Platz zu machen, muß ein entsprechendes Quantum (verbrauchter) Zimmerluft abgeführt werden, was ebenfalls mittels verti-

kaler Kanäle im Mauerwerk geschieht. Diese letzteren nennt man „Kanäle für verbrauchte Luft" oder „Ventilationskanäle", im Gegensatze zu den letztgenannten Heiz- oder Warmluftkanälen. Wenn das Feuer des Calorifère mit verbrauchter Zimmerluft gespeist wird, münden die Ventilationskanäle unter den Rost des Heizapparates; gewöhnlich münden dieselben aber direkt ins Freie. In beiden Fällen erfolgt der Luftaustausch ohne künstliche Mittel — und man nennt dies: Luftheizung mit natürlicher Ventilation.

Die Verbrennungsgase des Luftheizofens werden in einen Schornstein geleitet. Dieser nimmt gewöhnlich auch die Ventilationsluft — sei es direkt oder indirekt — auf; da das Feuer nun luftverdünnend, also „saugend" auf die verbrauchte Luft in den Kanälen wirkt, so resultiert daraus eine Ventilation durch Aspiration (Absaugung).

Die Öffnungen für Zuführung erwärmter und Abführung der schlechten Luft. Wo diese in den Zimmern anzubringen seien, darüber ist für jeden speziellen Fall mit Rücksicht auf die Benutzungsweise des Lokales besonders zu bestimmen. Für Schul- und Wohnräume möchte es sich am meisten empfehlen, die Ausströmung der warmen Luft etwas über Mitte der Zimmerhöhe, jedenfalls über Kopfhöhe, anzuordnen, dagegen die verdorbene Luft, weil diese Schichten die kältesten und am meisten mit Kohlensäure verunreinigt sind, am Fußboden abzuleiten.

Verlängert man die kalten Kanäle bis zum Souterrain hinab und führt sie vereinigt oder einzeln zur Kammer zurück, so ist man in der Lage, mit der genannten Heizmethode auch Cirkulationsheizung zu verbinden. Diese Methode wurde von Meißner[1]) schon vor ca. 60 Jahren angegeben. Fig. 126 giebt eine Skizze dieses Arrangements. Es bezeichnet darin: I. den Heizkanal, II. den Cirkulationskanal, III. den Ventilationskanal, IV. den Heizofen, V. die Heizkammer und VI. den kalten Luftkanal.

A. Beginn der Heizung (Anheizen). Die Zimmerluft kann nach mehrstündiger Lüftung des Lokales als rein angesehen werden. Der Kanal VI für kalte Luft und die Klappen b und c sind geschlossen: die durch den Ofen erwärmte Luft wird also in I aufsteigen, durch die Einströmungsöffnung ins Zimmer gelangen und die steigende Bewegung bis zur Decke beibehalten. Infolge von Transmission tritt aber nach einiger Zeit in dem Zimmer unvermeidlich Abkühlung der Luft ein, wodurch sie schwerer wird, zu Boden sinkt und unterhalb b abfallend, durch den Kanal II in die Heizkammer zurückkehrt, um sich von neuem zu erwärmen und den vorigen Weg zu wiederholen. — Diese Methode der Cirkulation genügt für die Dauer nicht; sie ist jedoch für Treppenhäuser und Korridore, insbesondere bei Temperaturen unter 14°, zulässig und kann für das Stadium

Fig. 126.

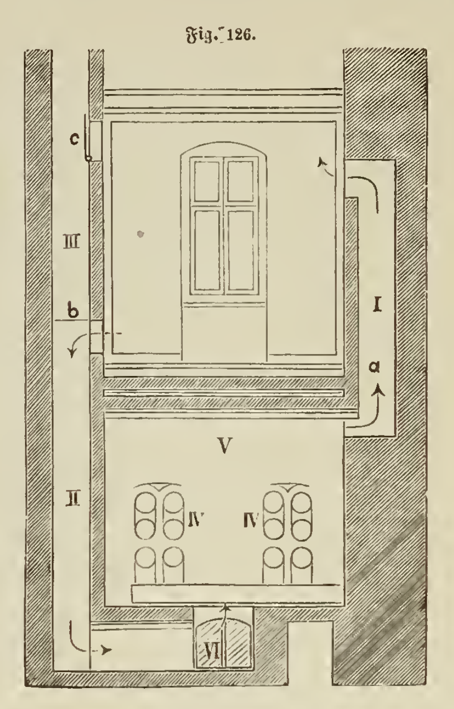
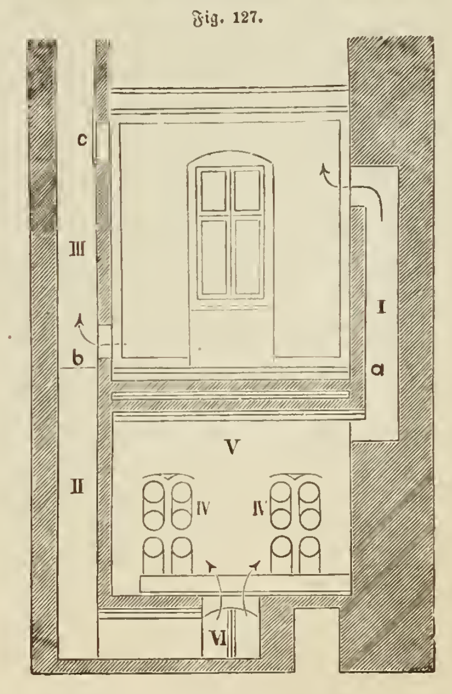


Fig. 127.



des Anheizens auch in Wohnräumen kein Bedenken erregen, sofern vorher genügende Lüftung stattgefunden hat.[1])

1) Meißner, Die Heizung mit erwärmter Luft. Dritte Aufl. Wien 1827.

1) Prof. Wolpert verwirft für Wohnzimmer und Schulen die Cirkulationsheizung ganz, und verlangt für solche Räume — selbst zum Anheizen — Ventilationsheizung. Deutsche Bauzeitung 1874, Nr. 27.

B. Soll mit der Heizung Ventilation verbunden werden, was für dauernden gesunden Aufenthalt im Zimmer nötig erscheint, dann ist ein anderes Arrangement erforderlich, welches Fig. 127 verdeutlicht. Die Klappe p ist gesenkt, der kalte Kanal geöffnet, Klappe c geschlossen. Die atmosphärische Luft tritt nun durch VI in die Kammer, erwärmt sich am Ofen, tritt wie vorher in das Zimmer und strömt abgekühlt über der Klappe b in den Ventilationskanal II, um sodann ins Freie oder in einen besondern Ventilationssammelschacht zu entweichen. — Wenn infolge starker Wärmeerzeugung — wie sie bei nicht normaler Heizung oder durch Menschenansammlung und Beleuchtungsprozesse hervorgerufen wird — die Temperatur erheblich steigt, dann kann man mit Vorteil die Klappe c öffnen und die Zimmerluft an der höchsten Stelle abfließen lassen.

Anlage der Heizkanäle. Ist das mit warmer Luft zu versorgende Zimmer so gelegen, daß der Heizkanal nicht von den Kammerwänden direkt aufsteigt (wie in Fig. 126 und 127), so muß ein entsprechender Zuleitungskanal mit Steigung nach dem vertikalen Heizkanal angelegt werden; horizontales Ziehen vermeidet man am besten ganz. In geneigten Kanälen von 12—15 m Länge sind die Reibungswiderstände schon so bedeutend, daß man es für vorteilhafter hält, statt einer Heizkammer zwei oder mehrere anzulegen, weil die Strömung der Luft bei starker Reibung auf einem langen Wege stark beeinträchtigt wird. Beschränkt man aber die Anzahl der von einer Kammer zu heizenden Räume, dann hat man auch nebenher noch die Aussicht, die Ausströmung bei verschiedenen Höhen gleichmäßiger zu machen; denn obwohl die Gesetze der Luftbewegung in Röhren bekannt sind, versagt die Theorie doch, sobald mehrere Kanäle gleichzeitig aufsteigen (und das ist eben stets der Fall), sobald sie in verschiedenen Höhen ausmünden oder stark seitlich gezogen werden. Außerdem treten Faktoren hinzu, die sich der Rechnung ganz entziehen, wie ungleiche Druckdifferenzen infolge der Lage eines Raumes zur Stellung der Sonne und zu gewissen vorherrschenden Luftströmungen. Um die Ausströmung in den übereinander liegenden Zimmern eines Systems gleichmäßig zu machen, pflegt man daher die Weite mit der Druckdifferenz in Einklang zu setzen[1]), was auch mit Stellklappen erreicht werden kann. Ratsam ist es, für jeden besondern Fall die Querschnitte sämtlicher Kanäle gewissenhaft durch Rechnung festzustellen, sofern nicht etwa analoge Fälle vorliegen, welche eine sichere Grundlage bieten und daher die Rechnung entbehrlich machen.

1) Sind z. B. fünf übereinander liegende Etagen zu heizen, so werden sich die zugehörigen Geschwindigkeiten der Luft in den Steigekanälen für warme Luft annähernd verhalten, wie 1 : 1,5 : 2,0 : 2,3 : 2,5, es müssen daher die Heizkanäle Querschnitte erhalten, welche diesen Geschwindigkeiten proportional sind.

Mängel der Luftheizung und Bedenken gegen deren Anwendung. Vor mehreren Jahren hatte sich — unterstützt durch das Urteil von Ärzten, Technikern und Schulmännern[1]) — eine lebhafte Agitation in Wort und Schrift gegen die Luftheizung in Schulhäusern geltend gemacht. Ohne daß wirklich exakte Beobachtungen vorangegangen wären, wurde der Luftheizung der Vorwurf gemacht:

> daß durch solche Heizmethode die Luft überhitzt werde, daß sie zu trocken und mit schädlichen Gasen geschwängert in die Räume gelange und die Gesundheit der Bewohner in ernstliche Gefahr bringe.

Hierbei hatte man übersehen, daß die meisten der gerügten Übelstände entweder in veralteter und fehlerhafter Konstruktion und Ausführung der Apparate oder in deren schlechter Unterhaltung, fahrlässiger Bedienung und Reinigung ihren Grund hatten. In der That existieren zur Zeit noch veraltete Einrichtungen, aber sicher lassen sich solche auch unter dem Gesichtspunkte moderner Gesundheitspflege, d. h. rationell und zweckentsprechend einrichten.

Anm. In wie hohem Grade diese Angelegenheit das Interesse der Fachkreise erregt hat, geht daraus hervor, daß der medizinisch-pädagogische Verein in Berlin (gestützt auf Mitteilungen und eingeholte Gutachten aus einer größern Anzahl von Städten) diese Angelegenheit in die Hand genommen und an das Reichsgesundheitsamt eine Vorstellung gerichtet hat, in welcher auf eine Reihe von Übeln und Unzuträglichkeiten, welche im Gefolge der Luftheizung auftreten, hingewiesen wird. Das Reichsgesundheitsamt scheint nun auch an die Königl. Bayerische Regierung dahinzielende Anfragen gerichtet zu haben. Um festzustellen, inwieweit etwa den lautgewordenen Klagen in Bezug auf die Schulhäuser Münchens eine Berechtigung zu Grunde liege, hat sodann der Magistrat von München den Auftrag erhalten, über seine Erfahrungen in den Münchener Schulen Bericht zu erstatten, was unter Zuziehung der Professoren Dr. Voit und Dr. v. Bezold erfolgt ist. (Magistratssitzung vom 6. April 1877.) Das abgegebene, motivierte Gutachten der genannten Herren faßt deren Ansicht in nachstehenden Sätzen zusammen:

„Eine gesundheitsschädliche Wirkung der Luftheizung ist in den Münchner Schulhäusern nicht nachzuweisen. Die meisten der Vorwürfe, welche der Luftheizung gemacht worden, sind, sofern sie Begründung haben, nicht allein dieser, sondern jeder Ventilationsheizung zu machen; dieselben können jedoch alle durch zweckentsprechende Einrichtungen beseitigt werden. Die besseren neuen Luftheizungen sind so ausgeführt, daß denselben größere Mängel als anderen Heizungen nicht anhaften: das Verbot der Anlage von Luftheizungen, wie es der medizinisch-pädagogische Verein von Berlin vorschlägt, würde einen entschiedenen Rückschritt in der Beheizung der Schulen bedingen, weil die Ventilation der Schulräume, welche die Luftheizung liefert, bei anderen Heizungen nur durch einen bedeutenderen Kostenaufwand erreicht werden könnte."

1) Beobachtungen auf dem Gebiete der Schulgesundheitspflege. Für Schulgemeinden und Schulmänner, von A. Hoffmann. Nürnberg 1874.

Durch dieses Urteil berufener Fachmänner wurden die gegnerischen Behauptungen wesentlich entkräftet, soweit sie nicht schon anderweitig Abfertigung gefunden haben.

1) Was die angebliche Trockenheit der Zimmerluft anlangt, so hat Professor A. Wolpert in einem Artikel der Deutschen Bauzeitung[1]) diesen Vorwurf als unbegründet widerlegt. Zur Klarstellung des Sachverhaltes muß hierbei auf den Begriff der Luftfeuchtigkeit, der absoluten sowohl als der relativen, zurückgegriffen werden.

Die in einem bestimmten Luftvolumen vorhandene gasförmige Wassermenge erreicht für jeden Temperaturgrad ein ganz bestimmtes Maximum. Dieses Maximum, bei welchem die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, heißt die Feuchtigkeitskapazität der Luft, und diese ist um so größer, je höher die Temperatur der Luft und folglich die des Wasserdampfes ist. So nimmt ein Kubikmeter Luft an Feuchtigkeit auf:

bei	— 10°	C. . . .	2,3 g,
„	± 0°	„ . . .	4,9 „
„	+ 10°	„ . . .	9,4 „
„	+ 20°	„ . . .	17,2 „
„	+ 30°	„ . . .	32,0 „
„	+ 40°	„ . . .	51,0 „
„	+ 50°	„ . . .	82,7 „
„	+ 100°	„ . . .	591,0 „.

Hat die Luft eines Raumes sich mit der ihrer Temperatur entsprechenden Feuchtigkeitsmenge gesättigt, dann nimmt sie Wasser nicht mehr auf, und die Verdunstung hört auf, soviel auch Wasser in tropfbar flüssigem Zustande vorhanden sein möge.

Wird dagegen eine mit Dampf gesättigte Luft auf höhere Temperatur gebracht, ohne daß Wasser zu ihrer Sättigung im Raume vorhanden ist, so ist sie im Verhältnis zu der kälteren Luft von gleichem Wassergehalte zwar relativ trocken, ohne daß jedoch ein Atom des Wassers ihr entzogen wäre. Das Verhältnis des in einer Luftmenge dampfförmig vorhandenen Wassers zu dem bei dieser Temperatur möglichen Feuchtigkeitsmaximum nennt man nun die relative Feuchtigkeit der Luft. Absolute Feuchtigkeit ist die Wassermenge, welche in einem Luftvolumen vorhanden ist, ohne Rücksicht auf den herrschenden Temperaturgrad.

Nach der Annahme der Physiologen ist aber eine auf 17—20° C. erwärmte Luft am angenehmsten und der Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist. Diese Temperatur und relative Feuchtigkeit (40—60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit) findet man auch an schattigen Orten im Freien an schönen Sommertagen und gleiche Verhältnisse sucht man gern bei Heizungsanlagen zu erstreben.

Wenn nun die Luft in der Heizkammer einen Verlust an Feuchtigkeit erlitte, so müßte sich die entzogene Feuchtigkeitsmenge irgendwo ansammeln, denn das vorhandene Wasser kann offenbar nicht verschwinden; es kann sich auch nicht zersetzen, selbst nicht an den glühenden Eisenflächen eines Calorifère. Die relative Feuchtigkeit wird sich zwar bei der Erwärmung der eintretenden Luft von 0° bis 50° bedeutend ändern, aber nicht die absolute Feuchtigkeit. — Die Wassermenge bleibt für dasselbe Luftvolumen vielmehr unverändert bei 0° wie bei 50°. Wird solche Luft von hoher Temperatur aus der Kammer in ein Zimmer eingeführt, so nimmt sie die ihr fehlende Feuchtigkeit von den feuchteren Zimmerwänden, Möbeln oder sonstwie auf und wird hier relativ und absolut feuchter, als wenn sie mit geringerer Temperatur, also geringerer Feuchtigkeitskapazität eingeführt worden wäre.

Sättigt man aber — wie in der Regel geschieht — die auf hohe Temperatur erhitzte Luft völlig durch Wasserverdampfung in der Heizkammer, so muß sich bei der Abkühlung von 50° auf 20° eine nicht unerhebliche Menge (65 g pro cbm Luft) an Wänden und Fenstern niederschlagen. Eine zu große Trockenheit ist in diesem Falle also undenkbar und viel wahrscheinlicher Luftverschlechterung durch Übermaß von Feuchtigkeit.

Einen sichern Anhalt für den Feuchtigkeitsgehalt der Luft kann man überhaupt nur durch das Hygrometer erhalten und eignet sich dazu das Daniell'sche oder auch das Prozent-Hygrometer von Wolpert. Sobald nun der relative Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft dauernd unter 40 Proz. der Maximalfeuchtigkeit sinkt, ist mit der Wasserverdunstung in der Kammer zu beginnen. Weshalb bei der Luftheizung konstant Wasser verdunstet werden sollte, ist nicht einzusehen. Die Klagen über, durch Luftheizungsanlagen erzeugte Krankheitserscheinungen — als Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit und nervöse Abspannung — können daher ihren Grund nicht sowohl in der Trockenheit der Luft haben, als vielmehr in Erscheinungen, welche man auch im Gefolge eiserner Öfen beobachtet hat, die bis zum Rotglühen erhitzt werden.

2) Die Durchlässigkeit des glühenden Gußeisens für Kohlenoxydgas. Sie wurde durch Troost und Deville in Frankreich[1]) und durch Graham in England nachgewiesen. Die Untersuchungen ergaben: daß Überziehen des Gußeisens mit Graphit beträchtlich den Gehalt der Zimmerluft an Kohlenoxyd vermehrte; ebenso ver-

1) Jahrgang 1874, Nr. 27.

1) Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. T. LXVI, Nr. 2, janvier 1868.

hielt es sich mit dem Staube, welcher sich auf dem Ofen niedergelassen hatte. Aus den Experimenten ging hervor: daß das Verhältnis des Kohlenoxydgases zu dem untersuchten Luftvolumen in einigen Fällen den Wert von 0,00071 und 0,00132 erreicht hat. Endlich wurde konstatiert, daß rotglühendes Guß- und Schmiedeeisen die Kohlensäure der Luft in Sauerstoff und Kohlenoxyd zersetzt.[1]) Hiernach könnte das Eindringen dieses gefährlichen Gases in unsere Zimmer allerdings große Bedenken erregen: da aber dessen Erzeugung *innerhalb* des Feuerraumes des Calorifère stattfindet, so wird dasselbe vor allem dem starken Zuge im Schornsteine folgen, und wenn der Ofen erst im Brande ist — was bei Rotglut desselben angenommen werden muß —, kann von einer Abwärtsbewegung der Feuergase kaum die Rede sein. Auch wird das Kohlenoxydgas sich bequemere Wege suchen als die eisernen Wandungen, nämlich die undichten Verbindungsstellen des Heizapparates.

3) Mehr als die Permeabilität der Wandungen dürfte demnach die *Staubansammlung auf den Centralheizapparaten* zur Verschlechterung der Zimmerluft beitragen. Die in der Luft suspendierten organischen Staubteile lassen sich trotz aller Reinlichkeit und Vorsicht kaum beseitigen; sie setzen sich auf den Platten und Röhren der Heizapparate in nennenswerter Menge fest und können hier, der trocknen Destillation ausgesetzt, durch Luftverderbnis das Wohlbefinden der Bewohner stören, auch als aufwirbelnde Asche, vom steigenden Luftstrome fortgetragen, die Atmungsorgane belästigen und reizen.

Resumé. Die gegen Centralluftheizungen erhobenen prinzipiellen Bedenken sind nicht gerechtfertigt. Die oben gerügten Übelstände resultieren nicht aus einem falschen Konstruktionsprinzip, sondern vielmehr aus unvollkommenen Apparaten und können sämtlich beseitigt werden:

ad 1) Die *Trockenheit der Luft* wird durch eine, dem Hygrometerstande entsprechende, Wasserverdunstung behoben;

ad 2) alle *Kohlenoxydgas-Entwickelung ist sekundär* und kann nur in unventilierten Räumen schädlich werden;

ad 3) das *Glühen der Eisenflächen* wird vermieden durch Ausfuttern des Feuerraumes mit Chamottesteinen und Auskleiden der metallenen Röhren mit demselben Material — wenigstens im ersten Teile des Röhrenzuges. Dadurch fallen alle Unzuträglichkeiten fort, der Verbrennungsprozeß wird regelmäßiger und billiger, die Erwärmung eine gleichmäßigere.

Weitere Konstruktionsregeln:

a) Die Heizfläche des Ofens ist *so groß zu wählen*, daß eine hochgradige Erhitzung derselben nicht notwendig wird.

b) Um das Austreten des Rauches oder anderer schädlicher Heizgase zu vermeiden, müssen sämtliche Verbindungsstellen *dicht schließend* und der Röhrenguß so sorgfältig als möglich hergestellt sein. Der Ofen sei ferner leicht zu bedienen und leicht vom Staube zu reinigen. (Beschickung und Entrußung soll stets von außen erfolgen.)

c) Der Schornstein ist mit einer guten Windkappe zu versehen.

d) Die Heizkammer muß so groß hergestellt werden, daß sie jederzeit, selbst während der Heizung, begangen werden und alle Ofenteile (namentlich aber die Verbindungsstellen) auf *Rauchsicherheit* geprüft werden können. Die Einsteigeöffnung ist daher nicht — wie früher vielfach geschah — zu vermauern, sondern mit einer doppelten eisernen Thür zu versehen.

e) Die frische Luft ist von Orten zu entnehmen, wo sie möglichst wenig verunreinigt ist (aus Gärten, nicht aus schlecht ventilierten Höfen), und der zu ihrer Leitung bestimmte Kanal ist *wasserdicht* herzustellen, damit die Luft nicht mit dem Grundwasser, mit dumpfer Bodenluft oder faulenden organischen Substanzen in Berührung kommen könne. Die äußere Einströmungsöffnung der frischen Luft ist, zum Schutz gegen Eindringen von Tieren, mit einem engmaschigen Drahtgitter zu versehen.

f) Die Erwärmung der Luft in der Kammer darf nur eine mäßige sein (40—50° C.) und sollen die Heizkanäle, um bei solcher Temperatur dem Bedürfnisse genügen zu können, *ausreichend* groß angelegt werden.

Nach Erörterung der allgemeinen Konstruktionsregeln gehen wir zur Besprechung der einzelnen Teile über, aus denen sich jede Luftheizungsanlage zusammensetzt. Im wesentlichen sind dabei zu unterscheiden:

A. Die Vorrichtungen zur *Erwärmung* der Luft.

B. Die *Luftleitungs-Vorrichtungen.*

C. Die *Regulierungs-Vorrichtungen.*

Die Vorrichtungen zur Erwärmung der Luft bestehen aus dem Luftheizofen oder Calorifère und der ihn umschließenden massiven Heizkammer. Der Heizofen wird vorwaltend aus *Gußeisen*, selten nur aus Mauerziegeln hergerichtet — dagegen sind *gemischte* Öfen mit massiver Ausfütterung des Feuerraumes vielfach in Gebrauch.

Zur Luftleitung dient das massive Kanalsystem, welches den Wärmebedarf der Räume durch Zuführung

---

1) Bei Lokalheizung durch eiserne Öfen kann daher mit eintretender Rotglut die Kohlensäure, welche durch den Atmungsprozeß und die Beleuchtung entwickelt wird, zersetzt werden.

bestimmter Quantitäten Heizluft deckt und dagegen den Eintausch atmosphärischer Luft und die Abführung verbrauchter Zimmerluft vermittelt.

Zur Regelung resp. Abstellung dieser dreifachen Luftströmungen dienen Schieber, Drehklappen und Jalousieklappen. Wir betrachten zunächst:

Die Vorrichtung zur Erwärmung der Luft in der Heizkammer.

A. Der Luftheizungsofen.

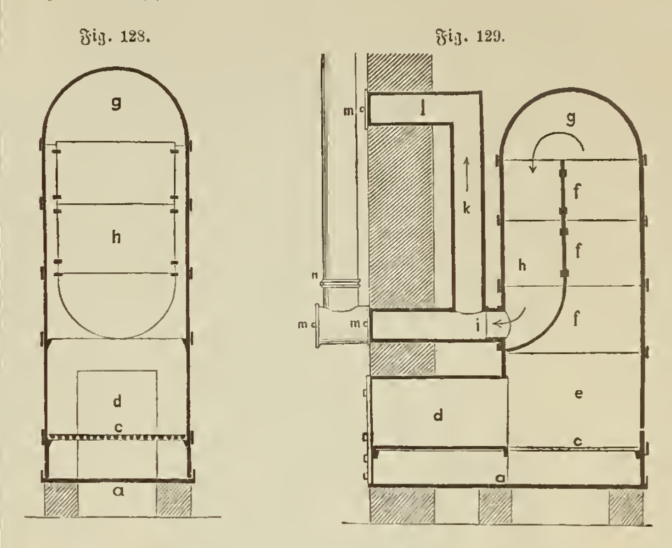
§ 39.

Geschichtliche Übersicht der älteren Central-Luftheiz-Apparate (1825—1855).

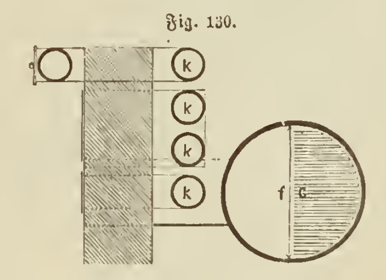
Die Formen der Apparate zur Erwärmung von Luft innerhalb gemauerter Kammern sind begreiflicherweise im Laufe der Zeit erheblich verändert und von den Konstrukteuren individuell modifiziert worden.

I. Die älteste und vielfach angewendete Form dürfte der gewöhnliche eiserne Rundofen gewesen sein; sie war einfach, billig, auch durchaus zweckmäßig, dagegen mit allen Nachteilen gewöhnlicher eiserner Öfen behaftet, nämlich: glühende Flächen darzubieten und einen ungleichmäßigen Verbrennungsprozeß hervorzurufen. Bei Ausdehnung der Heizung auf eine größere Anzahl von Räumen wurde überdies die Heizfläche zu klein. — Derartige Apparate hat der verdienstvolle Beförderer der Luftheizmethode, Professor der technischen Chemie P. T. Meißner in Wien um das Jahr 1823 konstruiert und vielfach angewandt, und zwar ebensowohl für lokale Luftheizung (d. h. Heizung mit Mantelöfen) als für wirkliche Centralheizung.[1]) Im Hinblick auf das geschichtliche Interesse haben wir diesen ältesten Typus des Luftheizofens in den Figuren 128—130 dargestellt. Es bezeichnet darin:

a die Bodenplatte von Gußeisen;
c den kreisrunden Rost;
d den Hals für die Einfeuerung, mit Heiz- und Aschenthür;
e den cylindrischen Feuerkasten von 0,40—0,90 m Durchmesser;
f mehrere darüber aufzusetzende Ringe, sämtlich durch tiefe Falze gedeckt;
g die Kuppel des Ofens und



h eine Scheidewand, welche den Rauch nach i abwärts leitet;
k einen Röhrenzug, welcher zur Vermehrung der Heizfläche auf- und abwärts geführt wird;
l horizontale Rohrkästen, zur Reinigung der Rauchröhren bestimmt; sie münden in das Heizvorgelege und sind mit Reinigungsthüren (m) verschlossen.



II. Für größere Anlagen wendete Meißner andere Apparate, mit aus Platten verschraubtem, oblongem Heizkasten und leicht gewölbter Deckplatte von Gußeisen an. Zur Vermehrung der Heizfläche diente ein System horizontaler gußeiserner Röhren von ovalem Querschnitt in Schlangenlinien, schlangenähnlich ansteigend und mit einer kastenförmigen Fortsetzung behufs ihrer Reinigung versehen. Auch diese Kastenöfen hat Meißner in Wien schon um das Jahr 1825 mit Erfolg zur Anwendung gebracht und in seinem oben citierten Werke beschrieben.

Der in Fig. 131 im Grundriß und Fig. 132 im Durchschnitt dargestellte Apparat diente zur Erwärmung des Ceremoniensaales in der K. K. Hofburg in Wien,

1) Die Aufstellung dieser Öfen erfolgte gewöhnlich in einer kreisrunden Heizkammer im Souterrain, deren Wände sehr stark gehalten wurden, um die Wärme nach dem Erlöschen des Feuers noch längere Zeit in denselben aufzuspeichern. — Bei lokaler Luftheizung, d. h. wo der Apparat im Zimmer selbst Aufstellung fand, umgab Meißner den Ofen in 15—16 cm Abstand mit einem ½ Stein starken viereckigen Mantel von Mauerziegeln oder Kacheln mit entsprechender Ausfütterung, welcher oberhalb ganz offen blieb und am Fußboden mit mehreren weiten Luftöffnungen durchbrochen wurde. Da die erwärmte Luft vertikal aufwärts steigt, so tritt — infolge von Gleichgewichtsstörung — ein entsprechendes Volumen kalte Luft am Fußboden in den Mantelraum ein. (Heizung mit Mantelöfen.) Vgl. Meißner, Heizung mit erwärmter Luft. Taf. II, Fig. 11.

und wird hier das ganze Arrangement mitgeteilt, um an diesem Beispiel zu zeigen, mit welchem Verständnis der Erfinder seine Aufgabe gelöst hatte. Es bezeichnet Fig. 130—132:

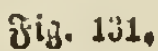


Fig. 131.

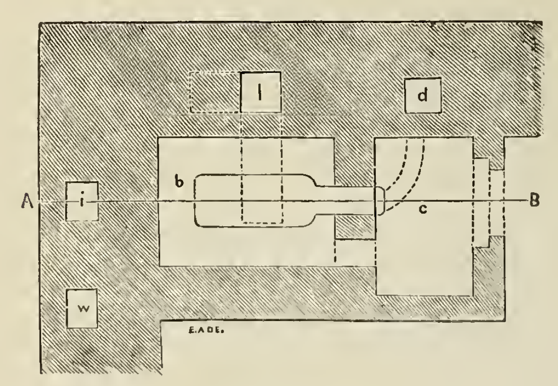
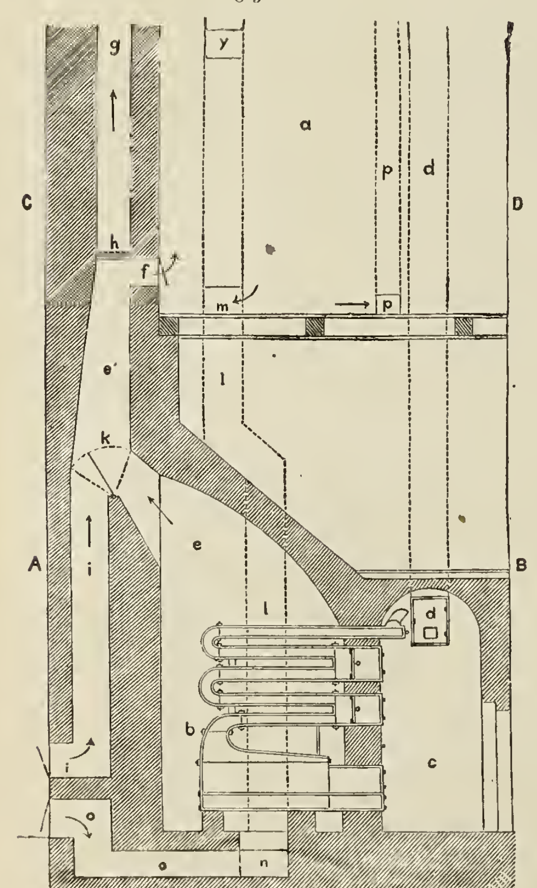


Fig. 132.



a ein Fragment des Ceremoniensaales;

b die eine der Heizkammern nebst Ofen[1]), im Erdgeschoß aufgestellt;

c den Vorraum für den Heizer (Vorgelege);

d Schornstein;

e den Kanal, welcher die warme Luft in den Saal leitet;

f eine Ausströmungsöffnung für warme Luft;

g Fortsetzung des Warmluftkanales bis über Dachhöhe, jedoch bei

h mit doppelten Schiebern abgeschlossen;

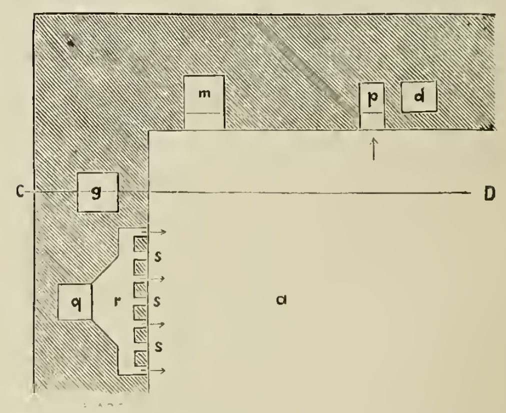
i Kanal, um frische atmosphärische Luft in den obern Teil des Kanales e einlassen zu können (Mischkanal);

k Drehklappe, um die Ausströmung der Luft aus dem einen oder andern Kanal (e und i) in den obern Teil des Kanales e′ zu regulieren, so daß entweder nur warme oder kalte, oder eine Mischung aus beiden einströmt;

l Kanal zum Abzug der kalten Luft am Fußboden des Saales in die Heizkammer, wenn Cirkulation beabsichtigt wird, und

m Abzugsöffnung am Fußboden des Saales;

Fig. 133.



n Ausmündung unter dem Heizkasten des Ofens;

o Kanal zur Einführung von frischer Luft in die Kammer, ebenfalls bei n mündend;

p Ventilationskanal, welcher durch die Wange des Schornsteins erwärmt wird und zur Ableitung der verbrauchten Zimmerluft dient;

q Kanal zur direkten Einführung von frischer atmosphärischer Luft in den Saal. Auf Höhe von 2,5—3 m tritt der Luftstrom mittels verstellbarer Register durch eine Anzahl enger Öffnungen s, s fein zerteilt in den Saal ein.

Zum Abzug des Lichterdunstes und der verunreinigten Luft bei der Abendbenutzung dienten Öffnungen im Plafond. Hier trat die Luft in hölzerne Ventilationsschächte ein, um über Dachhöhe auszuströmen.

Zur Erwärmung des Saales dienten drei Apparate, deren Kanalausmündungen meist in den Ecken angebracht werden mußten, wie auch die wärmen Luftkanäle aus ört-

---

1) Alle Verbindungen des Meißner'schen Rohrsystemes erfolgten durch hergerichtete Flansche und die des Heizkastens durch tiefe Falzung der Platten. Die Entrußung fand vom Vorraume aus statt, wozu Reinigungskästen mit doppeltem Verschlusse dienten. Die Heizkammer war jederzeit zugänglich.

lichen Gründen nahe dem Fußboden mündeten. Sämtliche Klappen und Schieber konnten mittels eines Hebelwerkes vom Saale aus gestellt werden; dazu diente ein Indikator bei f mit Zeigervorrichtung für den leitenden Beamten.

Anmerkung. Bei der Benutzung traten folgende Modifikationen ein:

1) Bei wenig zahlreicher Gesellschaft im Winter ohne Beleuchtung war meistens einfache Cirkulationsheizung ausreichend, d. h. die Saalluft gelangte durch Kanal l in die Kammer und durch e erwärmt zurück. Sollte dennoch Luftwechsel stattfinden, so öffnete man Kanal o, Öffnung f und Ventilationskanal p.

2) Abendbenutzung bei zahlreicher Gesellschaft. Vor Eintritt der Gesellschaft, d. h. beim Anheizen, fand Cirkulationsheizung statt, wie unter 1). Nach Beginn des Festes wurden zuerst die Klappen im Plafond geöffnet, um den Lichterdunst abzuleiten, der Temperatursteigerung wirke man durch Einführung frischer, aber mäßig erwärmter Luft entgegen, d. h. man verschloß m, öffnete dagegen o, e' und die Mündung f. Durch Stellung der Drehklappe k konnte man aus dem Mischkanal e' Luft von beliebigen Temperaturgraden einlassen. Infolge solcher Anordnung entstand aber eine aufsteigende Bewegung der ganzen Luftmasse im Saale gegen die Decke hin, wo die Absaugung stattfand; der Lichterdunst wurde dadurch am Herabsinken gehindert und die Wärme gemäßigt. Aber bei gelinder Temperatur und starker Überfüllung des Saales konnte das Steigen der Temperatur dennoch bald überhand nehmen: dann wurde Kanal e ganz geschlossen und frische Luft durch die Registerzüge s' s eingeleitet. Meistens genügte aber schon Zuführung kalter Luft durch den Mischkanal o', d. h. Schluß der Klappe k nach rechts. Wenn andererseits die Temperatur bei Verminderung der Gesellschaft oder äußerer Nachtkälte unter den gewünschten Grad herabsank, so ließ man durch f wärmere Luft einströmen.

3) Die Maßnahmen bei Benutzung im Sommer (d. h. ohne Heizung) können an dieser Stelle füglich übergangen werden.

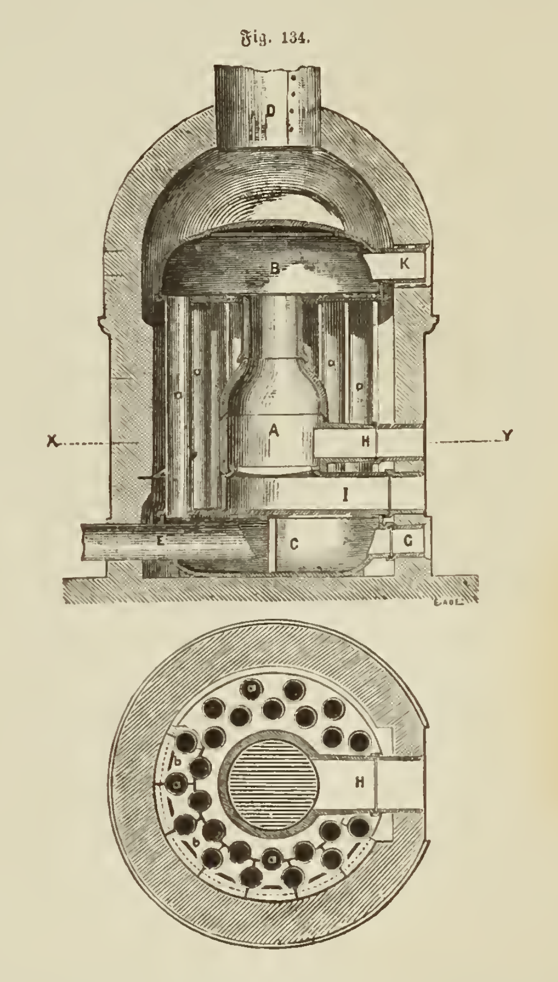
IIa. Modifizierte und verwandte Formen. Obwohl Entrußung und Reinigung der unter I und II dargestellten ältesten Typen nach Meißner'schem Systeme unschwer von statten ging, haftete ihnen doch ein Übelstand an, den man im zweiten Stadium des Apparatenbaues vermieden findet, nämlich: die Decke des Feuerkastens wurde von der Stichflamme zu stark getroffen, daher leicht glühend und nach kurzer Zeit untauglich. Dies gab dann Veranlassung zur Ausfütterung des Feuerkastens mit feuerfesten Steinen oder überhaupt zur Errichtung eines massiven Feuerraumes. Der Apparat II von Meißner wurde dadurch wesentlich verbessert. In dieser modifizierten Form ist derselbe lange Zeit hindurch in Norddeutschland verwendet worden unter dem Namen des Müller'schen Luftheizofens mit eisernem Heizkasten, horizontalen Röhren und aufwärts gerichteter Flamme. Verfasser hat Öfen dieses Systems detailliert veröffentlicht im 1. Jahrg. der Baugewerkszeitung (1869, Nr. 30).[1]

1) Im verkleinerten Maßstabe findet man denselben dargestellt in Claasen's Handbuch der Hochbaukonstruktionen in Eisen. XII. Abschnitt, Fig. 913 u. 914, und in Fr. Engel, Bauausführung. Berlin 1881. S. 734 u. 735.

IIb. Öfen mit ausgefüttertem Heizkasten und vertikalen Röhrenzügen bieten immer große Schwierigkeiten für die Entrußung, und da diese meistens von der Heizkammer aus stattfinden muß, entspricht sie nicht den an eine rationelle Konstruktion zu stellenden Forderungen.

IIc. Der Apparat von Chaussenot, zuerst bekannt geworden auf der internationalen Ausstellung von 1855, suchte der Lösung einen Schritt näher zu kommen. Die Verbrennungsprodukte steigen vom Feuerraume in einem Centralkanal A (Fig. 133) aufwärts in den guß-

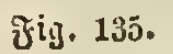
Fig. 134.



eisernen Behälter B, ziehen durch eine größere Anzahl gußeiserner Röhren a, a abwärts nach dem Rauchsammler C, um von hier durch das Abzugsrohr E nach dem Schornsteine zu gelangen. Zur Beschickung des Rostes dient der Hals H, zur Aschenentleerung der Kasten I; die Entrußung soll durch die Öffnungen K und G erfolgen. — Die Rohre würden indessen sehr umständlich zu reinigen sein; auf Rauchsicherheit sind dieselben nur dann zu prüfen, wenn die gemauerten Kammerwände in demjenigen Abstande aufgeführt werden, welcher eine Besichtigung der Kammer und die Reinigung derselben von Staub zuläßt. — Die

kalte Luft tritt durch eine große Anzahl Öffnungen b, b zwischen den Röhren ein, staut sich aber unter dem Feuerhut B (statt diesen zu durchdringen) und gelangt durch die Öffnung D in die Heizkanäle der Etagen. Die Gegenstromheizung ist hier zwar rein durchgeführt, aber der Apparat ist zu kompliziert, enthält viel Eisen und ist daher teuer; sein Heizeffekt, von Morin eingehend durch Versuche festgestellt, ist a. a. O. besprochen.

III. Andere Konstrukteure legten metallene Röhren horizontal zwischen parallele Mauern in eine Rohrkammer und ließen das Feuer die Röhren umspülen, wobei die Luft von der einen Seite in die Röhren ein-, von der anderen ausströmt. Der Apparat wurde dadurch zwar einfach, aber die Röhren brannten leicht durch und die Cirkulation der Luft in den Röhren fand unvollkommener statt. Dies ist leicht einzusehen: denn Luft, welche in horizontalen Röhren strömt, hat das Bestreben,


Fig. 135.

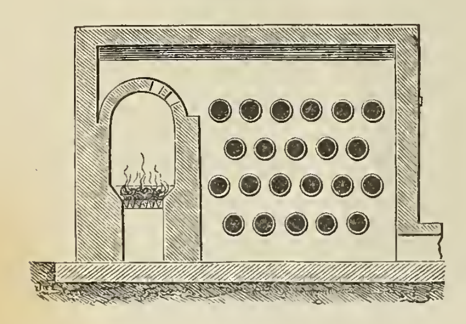
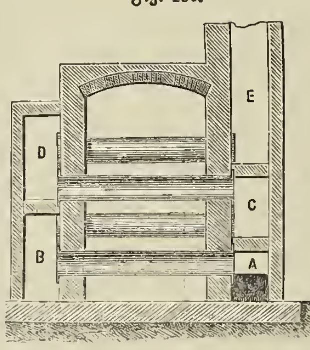


Fig. 136.



vorwiegend nur die obere Röhrenhälfte zu bespülen und der Kern des Luftstromes bleibt unberührt von der Wirkung der strahlenden Röhrenwandung. Dieser Übelstand kann zwar durch Bleche, welche man in die Röhren einsetzt[1]), behoben werden: aber selbst dies vorausgesetzt, wird die Cirkulation der atmosphärischen Luft schon wegen vermehrter Reibung eine unvollkommenere sein. Auf diesem Prinzip beruhte der Apparat von Talabot (Fig. 135 und 136). Der Rost befindet sich in einem gemauerten und überwölbten Heizraume und die Heizgase entweichen durch ausgesparte Öffnungen im Gewölbe, steigen in die Rohrkammer hinab und verbreiten sich alsdann gleichförmig über sämtliche Röhren, und zwar von oben nach unten. Der Abzug nach dem Schornsteine erfolgt am tiefsten Punkte der Rohrkammer. Die Bewegung der Luft in den Röhren erfolgt im konträren Sinne, nämlich von unten nach oben, sie passiert daher Heizflächen, deren Temperatur eine stets zunehmende ist, was als ein Vorteil angesehen werden darf.

1) Letztere absorbieren dann die strahlende Wärme der Röhrenwandung und bilden eine innere Transmissionsfläche, an welcher sich auch der Kern des Luftstromes erwärmt.

Die äußere kalte Luft tritt bei A ein und gelangt nacheinander in die gemauerten Kammern B, C, D, E, um von E aus in Kanälen verteilt nach den Etagen aufzusteigen. Die Öffnungen zur Entrußung befinden sich an den Schmalseiten der Rohrkammer.

Anmerkung. Mit derartigen Calorifères hat Talabot den Sitzungssaal und die Nebenräume der alten Deputiertenkammer — corps législatif — beheizt.

Der Saal wird durch vier Kammern erwärmt, Nebenräume und Treppenhaus mittels zweier Kammern (letztere nur durch Cirkulationsheizung).

IIIa. Bei vertikaler Stellung eines Systems von Röhren, das innen von Luft durchzogen und außen von den Feuergasen umspült wird, war der Erfolg günstiger in Bezug auf Cirkulation. Péclet hat eine derartige Disposition beschrieben (Tome II, Nr. 1625).

IV. Kastenförmige Apparate mit abwärts ziehender Flamme. Der Luftheizofen von Engel, welcher in den Figuren 137 und 138 dargestellt ist, kommt seiner Entstehungszeit nach demjenigen von Meißner ziemlich gleich; er wurde im Jahre 1830 publiziert und beruht auf dem Prinzip der Gegenstromheizung. Wegen seiner einfachen und kunstlosen Form hat er in jener Periode vielseitige Anwendung gefunden. Die Engel'schen Apparate sind als prismatische Metallkästen mit gewölbter Decke konstruiert und aus gewalzten Platten vernietet; die umgelegten Flansche der Kastenränder sind auf der gußeisernen Unterlagsplatte b b verschraubt. In dem Kasten liegt der, aus Chamottesteinen gemauerte, Feuerherd c c mit Rost d und Aschenfall e; das Herdgemäuer ist so angeordnet, daß zwischen ihm und den Kastenwänden nur ein Zwischenraum von 10 cm verbleibt, welcher sich unterhalb bis auf 5 cm verengt. Durch diesen engen Kanal entwich der Rauch in die Sammelkanäle h h und demnächst wurden diese oberhalb der Heizthür vereinigt und vom Vorgelege aus gereinigt; Heizthüren waren nicht vorhanden. Die Entfernung von Ruß und Flugasche aus den Kanälen h h erfolgt durch Öffnungen in den Steinmauern. Die Reinigung des Feuerraumes ist dagegen nur vom Aschenfall her, d. h. nach Entfernung der Roststäbe, möglich.

Die Öfen mit prismatischem Heizkasten und abwärts ziehender Flamme nach Engel's System sind weiter entwickelt und verbessert worden durch F. Staib & Co. in Genf.[1]) Von einer Darstellung letztgenannter Apparate dürfen wir aber an dieser Stelle füglich absehen, da sie in modifizierter und wesentlich vereinfachter Form kon-

1) Zuerst vorgeführt auf der internationalen Ausstellung zu Paris 1855 und beschrieben in Péclet, Traité. Tome II, Nr. 1626.

struiert werden durch die Firma Weibel, Briquet & Co. in Genf und als solche im folgenden Paragraphen eingehende Besprechung finden.

Im Königsbau zu München wurden 26 Stück Central-Luftheiz-Apparate nach modifiziertem „System Engel“ aufgestellt.[1]) Die Öfen haben ovalen Grundriß und — was damals als Fortschritt zu bezeichnen war —

Fig. 137.

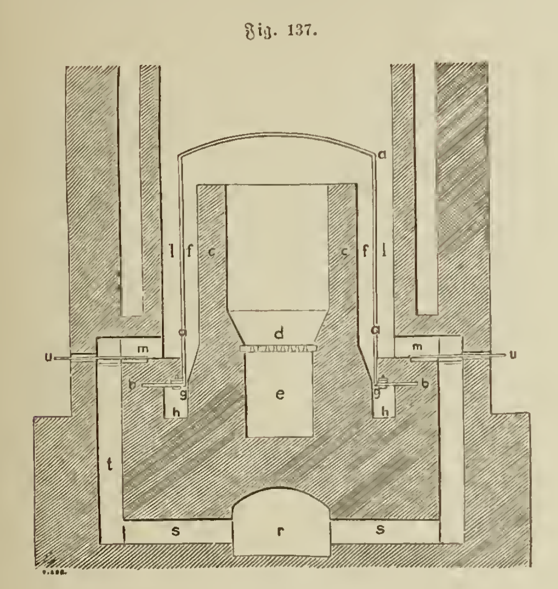
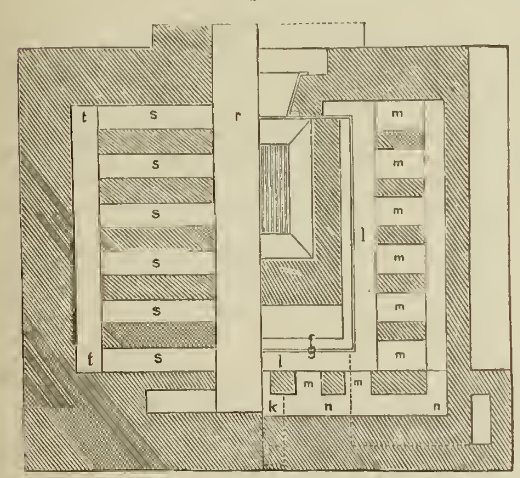


Fig. 138.



der Abstand derselben von den Kammerwänden wurde in den verschiedenen Kammern auf 40—60 cm erweitert, um Reparatur und Reinigung der Ofenteile und der Kammer vornehmen zu können. Die Entrußung der Röhren erfolgte von außen.

V. Endlich hat man auch Apparate konstruiert, bei denen nicht nur der Feuerkasten, sondern auch die Röhren massiv hergestellt sind. Solche Öfen bedürfen lange Zeit zu ihrer Anheizung, obwohl sie die Wärme aufspeichern, so daß bei ungleichmäßigem Feuer doch gleichmäßige Wärmeentwickelung vermittelt wird.

Den Schwankungen im Wärmebedarf kann man nur schwer mit ihnen folgen und die Heizfläche muß sehr groß gewählt werden, um denselben Effekt hervorzubringen, welchen eiserne Caloriféren liefern; man bedarf also einen verhältnismäßig großen Raum zu ihrer Aufstellung im Souterrain des Gebäudes.

Der Vorteil massiver Luftheizapparate besteht darin, daß die Luft mittels derselben nie höher als auf 40—50° erwärmt wird.

Resumé. In vorstehender Übersicht sind die wichtigsten Typen der älteren Luftheizapparate und einige aus diesen abgeleitete Arten beschrieben worden, wobei die in Deutschland gebräuchlichen Formen besondere Berücksichtigung gefunden haben, weil sie sich durch Einfachheit der Konzeption und Verbindung, auch durch bequemere Entrußung und Reinigung vor den gleichzeitigen französischen Apparaten — etwa mit Ausnahme desjenigen von Talabot — auszeichnen; die vorgeführten Beispiele repräsentieren gleichzeitig den Stand des Apparatenbaues bis zur ersten internationalen Ausstellung in Paris.

Als Ausgangspunkte der Konstruktion haben wir bezeichnet:

A. Systeme, bei denen der Rauch die Röhren des Apparates durchströmt. Dahin gehören:
   1) Meißner's Rundöfen mit auf- und niedergehenden Röhrenzügen;
   2) Kastenöfen mit horizontalen Röhren und aufwärts gerichteter Flamme (Systeme von Meißner, Müller u. A.);
   3) Centralöfen mit in vertikalen Röhren und abwärts ziehender Flamme (System Chaussenot).

B. Apparate, bei welchen die Luft die Röhren durchströmt. Hierher gehören:
   4) Öfen von Talabot mit horizontalen Röhren und abwärts ziehender Flamme;
   5) Öfen mit vertikalen Röhren und abwärts ziehender Flamme.[1])

C. Apparate ohne Röhren mit viereckigem oder rundem Heizkasten und abwärts ziehender Flamme. Dahin gehören:

---

[1]) Ausführliche Mitteilung in Förster's Allgemeiner Bauzeitung, Jahrgang 1836 und 1837, auch in Breymann, IV. Bd. 1. Aufl. Taf. 76.

[1]) Eine neue Lösung nach diesem Prinzip liefern die Fabrikanten Fischer und Stiel in Essen. Der Apparat ist mitgeteilt bei Claasen, Handbuch u. s. w. XII. Abschnitt, Fig. 919, 920 u. 921.

6) Engel's System und die abgeleiteten Formen;
7) Apparat der Firma L. F. Staib in Genf.

Außer diesen Hauptformen giebt es noch Übergänge zu A und B, die aber für die vergleichende Betrachtung entweder keinen Wert haben oder ohne Einfluß auf die Fortentwickelung unserer modernen Apparate geblieben sind. Für das Verständnis der neueren Leistungen wird das Gegebene ausreichen! —

§ 40.

Kurze Übersicht der neueren Leistungen (1855–1891).

In dem Zeitraume, welcher bis zur zweiten internationalen Ausstellung in Paris im Jahre 1867 verfloß, sind neue typische Formen im Apparatenbau kaum zu verzeichnen, wohl aber Modifikationen der bekannten Systeme, die hier zu übergehen sind. Die Aufmerksamkeit der Heizingenieure richtete sich von nun an besonders auf die Verbesserung des Röhrengusses, auf die sorgfältigere Herrichtung der Dichtungsstellen an den eisernen Apparaten, endlich — und das ist eine wesentliche Errungenschaft dieses Zeitraumes — auf die rationelle Einrichtung des Feuerraumes im Sinne einer besseren Ausnutzung des Brennstoffes. Die Öfen mit Füllfeuerung erschienen auf der Ausstellung von 1867, und kurze Zeit darauf schon sehen wir die gewonnenen Fortschritte beim Bau der Caloriferen verwertet. So versah man nach dem Vorbilde des von Gourney ausgestellten Füllofens, der in § 29 besprochen wurde:

a) die Heizflächen des Calorifère mit Rippenansetzen, um die Strahlung zu erleichtern und zu vermehren;
b) die Gußstärke wurde angemessener als bisher normiert, mit Zunahme nach dem Feuerraume hin, um das Erglühen der Eisenflächen zu verhindern;
c) die Dichtungsstellen wurden sorgfältig mechanisch bearbeitet oder Sanddichtung eingeführt; bei Muffenverbindung Rohrschellen übergelegt.

Die Ausstellung von Heizungs- und Ventilationsanlagen zu Cassel im Jahre 1877 zeigte endlich bis zur Evidenz das Bemühen der Konstrukteure:

d) auch die Luftheizöfen mit Füllbetrieb einzurichten, um den Feuerraum mit einer größern Menge Brennstoff auf einmal beschicken und dadurch Bedienungskosten sparen zu können.

Dieses Verfahren ist durchaus gerechtfertigt, wenn es gleichzeitig gelingt, die Verbrennung in den Füllfeuerungen ebenso vollständig oder noch vollständiger als auf dem Planroste zu bewirken. Die Entscheidung darüber kann freilich nur durch eine Untersuchung der Rauchgase in Bezug auf ihre Zusammensetzung gewonnen werden. Hierbei kommt dann auch die Natur des Brennmateriales mit in Frage, denn während Coaks als Brennmaterial dem Durchziehen der Luft, beziehungsweise der Rauchgase, den geringsten Widerstand entgegensetzt und daher die Verbrennung bei hoher Schichtung begünstigt, pflegen die meisten Steinkohlenarten durch Zusammenbacken an der Oberfläche dieselbe zu erschweren. Um diesen Übelstand zu umgehen, werden dann folgende Einrichtungen getroffen.

I. Die eigentliche Feuerstelle wird nur mit einer niedrigen Brennstoffschicht bedeckt, nach deren Auflösung weiterer Brennstoff aus einem Vorratsbehälter auf dieselbe geleitet. Solche Anordnung zeigen:

a) der Schachtofen des Eisenwerks Kaiserslautern (Fig. 139 und 140) (der sich jedoch auch zum Verbrennen von Braunkohle und Coaks eignet);
b) der Strahlenraumofen von D. Wolpert (Fig. 142—143).

Beide Apparate sind im nächsten Paragraphen eingehend besprochen.

II. Ein abweichendes Verfahren bei hoher Brennstoffschichtung wendet die Firma Weibel, Briquet & Co. in Genf an, indem außer dem Planroste ein geneigter Rost eingeführt ist. Der untere Rost liegt verhältnismäßig tief (vgl. Fig. 145), um eine hohe Brennstoffschicht einführen zu können, was bei guter Bedienung des Herdes auch möglich ist. Sobald nämlich die erste Schüttung von Kohle in Coaks verwandelt ist, wird dieselbe auf den hintern, horizontalen Teil des Rostes geschoben, während der vordere Teil mit frischen Kohlen beschüttet wird. Letztere vergasen allmählich und nachdem die Entzündung bis zur Feuerthür fortgeschritten ist, wird das Zurückstoßen der Kohle wiederholt, ein Verfahren, welches sich übrigens auch für große liegende Roste eignet, wie denselben Reinhardt in Würzburg für seinen Apparat beibehalten hat. (Taf. 20, Fig. 4.)

III. Zu den Öfen, welche das ältere Füllverfahren nach Meidinger's System[1]) ganz oder teilweise zur Anwendung bringen, gehören auch die Apparate von Krigar & Ihssen in Hannover.[2]) — Die Feuerung ist eine sogenannte Halbfüllfeuerung, und wird dieselbe auch bei Lokalheizungen in Anwendung gebracht. Zur Bedienung sind drei Thüren vorhanden, die Heizthür, eine Schlackenthür, eine Aschenthür.

---

1) Die Kohlen werden dabei — wie früher erwähnt — in einen lotrechten Schacht eingeschüttet und von oben angezündet; dabei gelangt das Feuer allmählich im untern Teile des Schachtes an, über sich verkokte Kohle zurücklassend, und diese gelangt zur Verbrennung, weil die Hohlräume zwischen den einzelnen Stücken den Rauchgasen genügende Öffnung zum Entweichen bieten. Eine richtige Wahl der Brennstoffstücke ist hierbei erforderlich (Nußgröße). Vgl. auch S. 63.

2) Abgebildet und besprochen in Dingler's polytechn. Journal, Jahrg. 1877, Taf. II, Fig. 19—21.

IV. Um die Unzuträglichkeiten des Backens der Kohlen zu vermeiden, hat Möhrlin in Stuttgart eine eigentümliche Anordnung konstruiert, welche aus Fig. 147 und 148 ersichtlich ist. Außer einem verschieblichen horizontalen Rost und einem Hängerost verwendet derselbe einen trommelförmigen Rost. Zwischen diesem und dem Feuerkasten bleibt ein Luftraum K, der mit den Aschenkasten in Verbindung steht und von ihm mit Luft versorgt wird. Die Luft strömt also über die Feuerstelle, nachdem sie vorher in geeigneten Kanälen vorgewärmt worden ist. Der Apparat ist eingehend besprochen im folgenden Paragraphen.

V. Für Braunkohlenfeuerung ist endlich der Ofen von Kelling in Dresden zweckmäßig hergerichtet. Die Braunkohle liefert viel Asche, es ist daher eine Verstopfung der Rostspalten möglich. Kelling hat nun einen liegenden Rost und einen geneigten (Treppenrost) angeordnet. Der letztere ist zum Zweck der Aschenentleerung in einem drehbaren Rahmen beweglich, während die Stäbe des horizontalen Rostes lose in einem gußeisernen Rahmen liegen und mittels eines Rechens gereinigt werden können.

Resumé. Hiernach spielt die Anordnung des Brennraumes bei den neueren Luftheizapparaten eine wesentliche Rolle: aber sie ist keineswegs das einzige Kriterion ihrer Leistungsfähigkeit oder Brauchbarkeit, vielmehr kommt auch das Material und die Form der Heizflächen und deren Lage zu den bewegten Luftschichten in Betracht. Endlich muß die Forderung der Rauchsicherheit, der leichten, von außen zu bewirkenden Entrußung und der zweckmäßigen Form der Flächen des Apparates behufs Vermeidung von Staubablagerungen gestellt werden. Wie diese integrierenden Aufgaben an den neueren Apparaten gelöst sind, wird sich bei deren speziellerer Vorführung im folgenden Paragraphen leicht übersehen lassen.

§ 41.

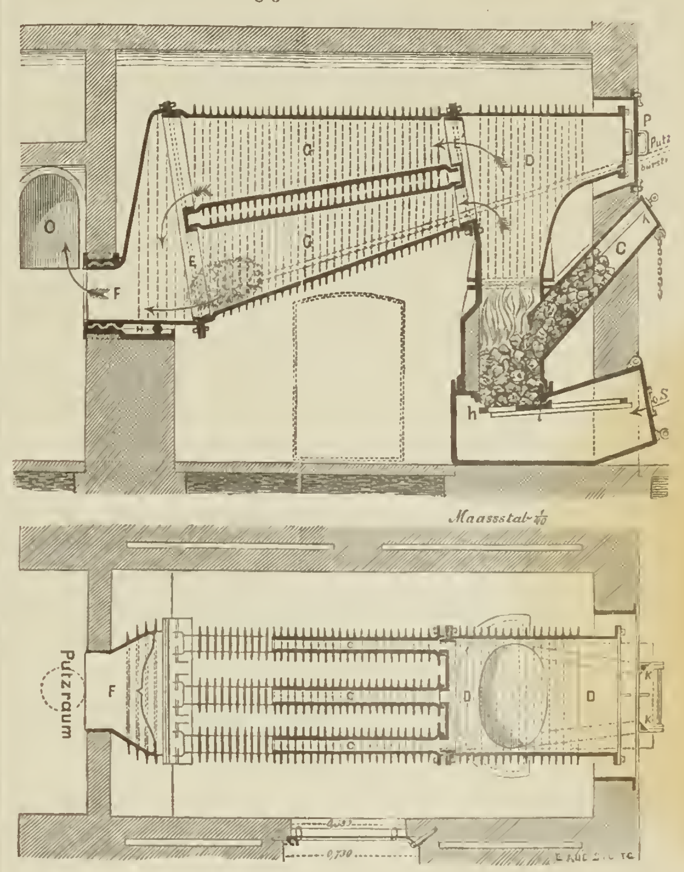
Die modernen Centralapparate für Luftheizung.

Der Zweck des Lehrbuches gebietet aus der Fülle des Stoffes nur die bewährtesten Konstruktionen von Caloriferen in Zeichnung vorzuführen.

I. **Centralschachtofen des Eisenwerks Kaiserslautern**, auch Eulers Centralschachtofen (Reichspatent Nr. 922) ist in den Figuren 139 und 139a dargestellt. Dieser Central-Luftheizungsapparat ist ein Füllofen, welcher die im vorhergehenden Paragraphen unter I. erwähnte Einrichtung zeigt und sich für größere Luftheizanlagen eignet. Zur Aufnahme des Brennstoffvorrates dient der Schacht C; er mündet in solchem Abstande von der Rostplatte h i, daß die Brennstoffschicht durch das Nachrutschen in ziemlich konstanter Höhe erhalten wird. Der Luftzutritt findet teils durch die Schlitze der Rostplatte h i, teils durch die schlitzähnliche Öffnung bei h statt, endlich dienen zu diesem Zweck zwei dreieckige Kanäle k k, welche in den Ecken des geneigten Schachtes angebracht sind.

Da die Kohle über h weniger hoch geschichtet ist, als über i, so ist an dieser Stelle der Luftzutritt erleichtert und die Verbrennungsgase können die Brennstoffschicht leichter durchströmen; die bei ihrer Verbrennung entwickelte Wärme

Fig. 139 und 139a.



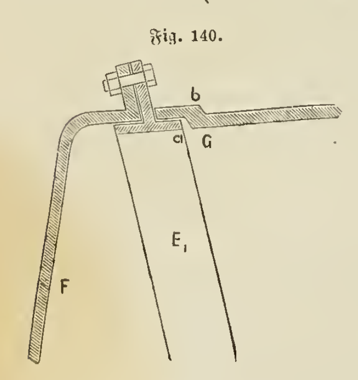
wirkt aber zersetzend auf den über i lagernden Brennstoff und führt dessen Verkokung herbei. Die Destillationsgase endlich werden von der durch die Kanäle k k eingeführten — auf ihrem Wege erhitzten — frischen Luft getroffen und ebenfalls verbrannt. Ist das über h lagernde Brennmaterial verbraucht, so rutscht anderes, jedenfalls aber verkoktes, an dessen Stelle, d. h. über h befindet sich immer Coaks, wodurch nach dem früher Gesagten die Verbrennung begünstigt und die Rauchentwickelung auf ein bescheidenes Maß herabgedrückt wird. Die Verbrennung ist daher eine ziemlich vollständige; das nutzbare Ergebnis des Apparates

wird auf 64 Proz. des theoretischen Heizeffektes angegeben.[1])

Die Bedienung des Apparates ist sehr einfach. Um Schlacken und Asche zu entfernen, rüttelt man am Roste und schiebt ihn so weit zurück, daß die Schlacke durchfallen kann; nur bei starker Ansammlung zieht man ihn ganz nach vorn. Beim Anzünden des Feuers stellt man den Schlitzschieber S ganz offen und nach Einbringung des Brennstoffes nach Bedarf, d. h. im Sinne der gewünschten schnellern oder langsamern Verbrennung. Die Thür des Aschenraumes bleibt übrigens geschlossen; ebenso des Füllhalses. Die Luftkanäle k werden stets offen gehalten.[2]) Vorteilhaft ist es, des Abends nachzufüllen, das Feuer über Nacht brennen zu lassen und früh den Rost von Schlacken zu reinigen.

Bei der Aufstellung des Apparates ist darauf zu achten, daß der Hals D sich frei um einige Millimeter nach oben und seitlich strecken kann. In Bezug auf die Ausdehnung sind an demselben drei Teile zu unterscheiden: der Feuerschacht D mit Hals, die Heizröhren G G und der Rauchsammler F. Der Feuerschacht besteht der Höhe nach aus zwei Teilen, welche mit Flanschen verbunden sind. Um die verschiedene Ausdehnung der Heizrohre zu gestatten, sind an D und F Zwischenstücke E, E′ angeschraubt, welche mit ihren Krämpen in die Muffen der Rohre G G eingreifen (Fig. 140). Der Hals F ruht auf einer Rolle, welche sich auf der Eisenplatte H frei bewegt: es ist daher dem Rohrsysteme mit Rauchsammler freie Ausdehnung gestattet. Hierbei schiebt sich der Hals des Rauchsammlers in einem eisernen Futterrahmen, welcher in der entsprechenden Öffnung der hinteren Abschlußwand eingesetzt ist. Der Reinigungskopf des Halses D bewegt sich frei in der mit Rahmen und Deckel versehenen Maueröffnung.

Fig. 140.



Um das Erglühen der Eisenflächen des Brennraumes zu vermeiden, ist die Decke desselben möglichst hoch gelegt und die Transmissionsflächen des Schachtes sind nach oben erweitert, um die Wärme schnell übertragen zu können. Da der untere Teil des Brennraumes mit Chamotte ausgefüttert ist, wird ein Erglühen auch hier nicht zu besorgen sein; viel eher an der glatten Fortsetzung oberhalb der Chamotteplatte, weil hier die betreffende Wand durch ihre Lage unterhalb der Heizröhren G G etwas behindert ist, die Wärme schnell zu übertragen. Die Reinigung der Röhren von Ruß ist ohne künstliche Mittel nach Fortnahme der Deckel P zu besorgen, wobei mittels eines in F plazierten Lichtes alle Flächen auf Reinheit geprüft werden können. Der mit der Putzbürste hinabgestoßene Ruß fällt in den Putzraum hinab und wird vom Schornsteinfeger entfernt.

Im übrigen ist Lage und Form der Flächen günstig für die Transmission, denn die Bewegung der Rauchgase erfolgt nach unten, diejenige der Luft geht unbehindert nach oben von statten. Um Staubablagerungen zu verhindern, sind die horizontalen Flächen im Verhältnis klein gewählt[1]), die übrigen sind vertikal und lassen sich bequem reinigen; die Untersichten kommen dabei nicht in Betracht.

Der Centralschachtofen von Kaiserslautern erfüllt daher in Bezug auf bequeme Bedienung, Entrußung und Reinigung, sowie möglichste Rauchsicherheit und angemessenen Nutzeffekt alle billigen Anforderungen, und wird bei nur wenigen Apparaten ein gleich günstiges Verhältnis nachzuweisen sein.

II. Der Strahlenraumofen von Prof. Dr. Wolpert zu Kaiserslautern. Der Erfinder hat auf diesen Ofen ein Reichspatent (Deutsches Reichspatent Nr. 2242 vom 1. März 1878) erworben und die Ausführung desselben dem Eisenwerk Kaiserslautern übertragen.

Der Strahlenraumofen hat nur direkte Heizflächen (keine Röhren), welche jedoch sehr vorteilhaft ausgenutzt werden (Fig. 141 und 142). Die am Ofen vertikal aufsteigenden Luftströme werden nämlich gezwungen, den Weg längs der konischen Flächen hin zu nehmen, diesen ihre Wärme möglichst vollständig zu entziehen, an den cylindrischen

---

1) In solchem Apparate wurden mit 16 kg Kohlen 72000 Wärmeeinheiten nutzbar gemacht. Theoretisch würden diese liefern 7000 × 16 = 112000 Wärmeeinheiten.

Dies nutzbare Ergebnis war daher $\frac{72\,000}{112\,000} = 0{,}64$ der theoretischen Leistung. Hiergegen wird, nach der Zeitschrift für Biologie XIII. Band, der höchste Nutzeffekt der Central-Luftheizungen nur zu 41 Proz., der der Mantelöfen sogar nur zu 34 Proz. angegeben.

2) Die Analyse der Rauchgase ergab, daß bei geöffneten Kanälen die Verbrennung eine fast vollständige war, indem nur Spuren von Kohlenoxydgas im Rauche sich zeigten; man fand nämlich im Mittel:

Kohlensäure	3,570
Kohlenoxyd	0,033
Sauerstoff	13,400
Hierzu Stickstoff	53,000
	70,603
Der Rest besteht aus Stickstoff der verbrannten Luft und aus Wasserdampf	29,397
	100,000.

Die Temperatur im Schornsteine stieg bei offenen Kanälen um 10—11° C., ein Beweis für den Wert dieser Anordnung.

1) Es würde sich empfehlen, die horizontalen Rippen an den oberen Aufsichten der Staubablagerung wegen ganz fortzulassen.

Flächen weiter zu strömen und, durch das überstehende Wassergefäß aufgefangen, über den heißen Ofendeckel hinzugleiten.

Da indirekte Heizflächen fehlen, so nimmt der Erfinder an, daß das Rauchrohr mit Vorteil zur Erwärmung eines Ventilationsschachtes für Zimmerluft benutzt werden könne. In diesem Falle sind die Verbrennungsprodukte in ein gußeisernes Schornsteinrohr einzuleiten, welches ähnlich der Wärmekammer der Ventilationskamine in dem Schachte saugende Wirkung hervorruft.[1])

Fig. 141 und 142.

1) Im Erweiterungsbau des Stadtgerichtes zu Berlin wird das 20 cm weite gußeiserne Schornsteinrohr des Calorifère in einer (vergitterten) Mauernische aufgeführt, die zur Erwärmung der Korridore beiträgt.

Der Ofen ist mit starken Rippen versehen, zwischen welchen Stahlbleche angebracht werden. Da nun die Wandungen stark gegossen sind, auch die nach oben erweiterte Form des Brennschachtes die Wärme abgebende Fläche sehr vermehrt, so werden große Wärmemengen schnell abgeführt, die Temperaturen im Feuerraume entsprechend vermindert und das Erglühen des Ofens, auch ohne Anwendung einer Chamotteausfütterung, möglichst vermieden. — Das Austreten von Rauch durch die Fugen ist, wo nicht unmöglich gemacht, so doch erheblich erschwert durch Dichtung der drei Horizontalfugen mit Schlackenwolle und Sand, welche man in die Rinnen einbringt.

Dieses Ofensystem eignet sich hauptsächlich für Coaksfeuerung. Nach Messungen und Angaben des Herrn Dr. Wolpert wurde für die Lufterwärmung in der Heizkammer durchschnittlich 68 Proz. Nutzeffekt gefunden.

Unter normalen Verhältnissen dient der Strahlenraumofen zur Heizung von 400 cbm Zimmerraum; seine Heizfläche beträgt 8 qm (ohne die Strahlbleche). Der Preis stellt sich pro Quadratmeter Heizfläche auf 50 Mark, oder pro Kubikmeter Raum auf 1 Mark. Der Brennstoffverbrauch ist durch den Patentinhaber nach zweijähriger Erprobung des Ofens festgestellt worden.[1])

Die Einrichtung des Rostes, des Füllhalses und der Reinigungsdeckel weicht nur unerheblich von der unter I. beschriebenen Anordnung ab und die Bedienung ist die gleiche; das Wassergefäß wird durch einen Trichter vom Vorraume aus gefüllt. — Die atmosphärische Luft tritt bei K in der Richtung des Pfeiles in die Kammer und steigt erwärmt durch die Heizkanäle w w nach den Zimmern auf.

III. **Luftheizofen von Weibel, Briquet & Co. in Genf.** Derselbe wird durch die Figuren 143—146 in Grundriß, Längenschnitt, Querschnitt und Vorderansicht dargestellt. Die Transmissionsflächen des Apparates bestehen aus 6 Stücken, nämlich: einer rechteckigen Bodenplatte i, aus einem Stück gegossen, mit umherlaufender Rinne zur Aufnahme der senkrechten Platten; vier gefalteten und gerippten, senkrecht im Falz der Bodenplatte stehenden Platten b, b, welche an den Ecken durch Schrauben zusammengehalten werden und in den Verbindungsflächen gut gerichtet, gehobelt und mit Kitt gedichtet sind. Am oberen Ende tragen die Platten wiederum eine Sandrinne zur Aufnahme des Deckels h, welcher aus einem Stück besteht und ebenfalls gerippt hergestellt ist.

1) Nach gefälliger Mitteilung des Herrn Prof. Wolpert werden zur Erwärmung seiner Privatwohnung von 7 Zimmern (mit ca. 500 cbm Inhalt), von denen fünf beständig ventiliert und alle fast ununterbrochen warm sind, im Durchschnitt täglich 33 kg Gascoaks mittlerer Qualität verwendet.

Fig. 143.

Querschnitt.

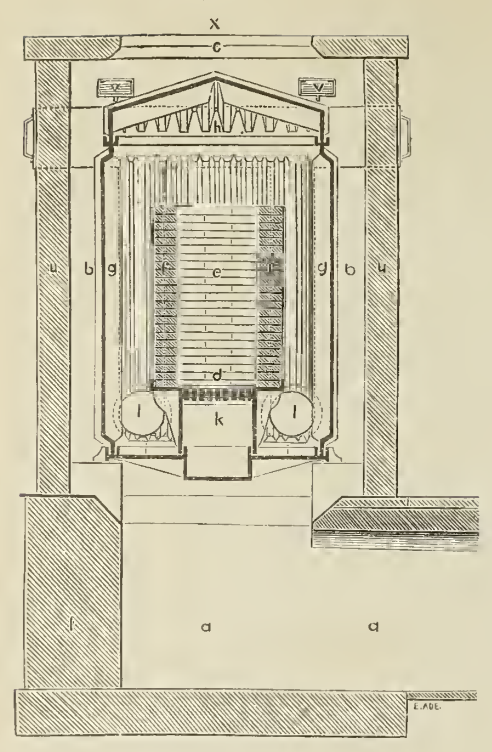


Fig. 144.

Längenschnitt.

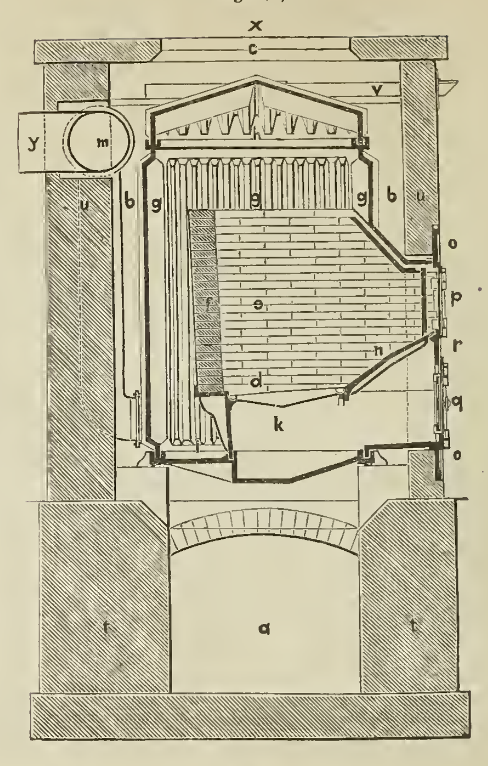


Fig. 145.

Horizontaler Durchschnitt.

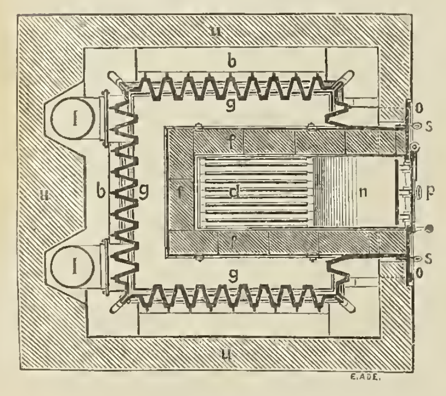
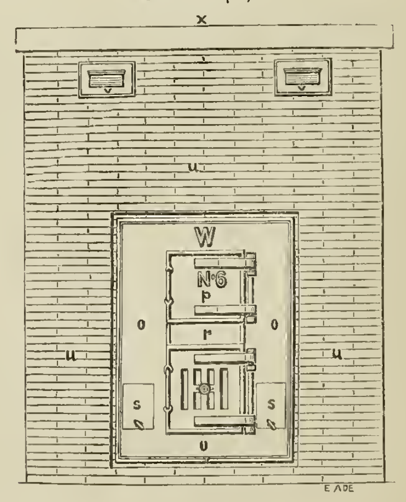


Fig. 146.

Vorderansicht.



Der massive, von den eisernen Kastenwandungen umschlossene Feuerraum e wird nicht als Heizfläche benutzt, hat nicht die Bestimmung Wärme an die Luft abzugeben, sondern dieselbe den abgekühlten Gasen im untern Teile des Feuerraumes zuzuleiten. Über die Rostanordnung dieses Ofens wurde bereits im vorhergehenden Paragraphen gesprochen. Dieser Rost liegt tief, um eine hohe Brennstoffschicht anwenden zu können, gleichzeitig soll dadurch der gerippte Deckel vor der heftigen Wirkung der Hitze des Feuerraumes, nämlich der strahlenden Wärme der glühenden Kohlen und der leitenden Wärme der Gase, geschützt werden. Um sein Erglühen zu verhindern, muß für eine schnelle Wärmeabgabe gesorgt sein. Die stark gerippten Wandungen, welche die Heizfläche bedeutend vergrößern, sind allerdings ein geeignetes Mittel zu diesem Zweck. Nachdem die Feuergase sich abwärts über die massiven Wände des Feuerraumes bewegt haben, ziehen sie durch zwei Rohre l, l am Boden der Kammer ab, steigen von hier aus vertikal auf nach dem Sammelrohr m und münden mittels des Rauchrohres y in den Schornstein.

Die Zuführung der atmosphärischen Luft in die Kammer

erfolgt durch den Kanal a unterhalb der Bodenplatte i, so daß reine Gegenstromheizung stattfindet; die Lage der Transmissionsflächen ist für die aufsteigende Bewegung des Luftstromes eine sehr günstige, mit Ausnahme der unvorteilhaft gewählten Bodenplatte. Über der Deckplatte sind symmetrisch zwei Wasserverdampfungs-Pfannen v, v angebracht. Der Abzug der erwärmten Luft erfolgt durch die Austrittsöffnung x im Mittel der Deckplatte, welche letztere für hiesige Verhältnisse durch ein doppeltes Gewölbe zu ersetzen wäre; auch ist der Abstand der Kammerwände nicht ausreichend zur Revision des Apparates.

Dimensionen. Der dargestellte Apparat führt die Fabriknummer 6, seine Rostfläche hält 0,16 qm, die Heizfläche 20 qm. Der Preis stellt sich auf 2000 Francs.

Das Ausrußen der inneren Flächen des Apparates erfolgt durch die Rußkapseln s s (in der Vorderansicht), seitlich der Aschenkastenthür. An den senkrechten Rippenflächen haftet Ruß und Flugasche schwerer; sofern es aber bei fetten Kohlen doch vorkommt, kann ein schlanker Schornsteinfeger durch die groß angelegten Thüren in das Innere schlüpfen und die inneren Flächen vollkommen mit dem Besen putzen. Es werden alsdann die Roststäbe, die Rostträgerplatte und die bewegliche Traverse r herausgenommen. Schwierig bleibt es, zu den Rohren l, l zu kommen; es wäre nötig, diese in anderer Art anzubringen, welche ihre Ausrußung besser ermöglicht.

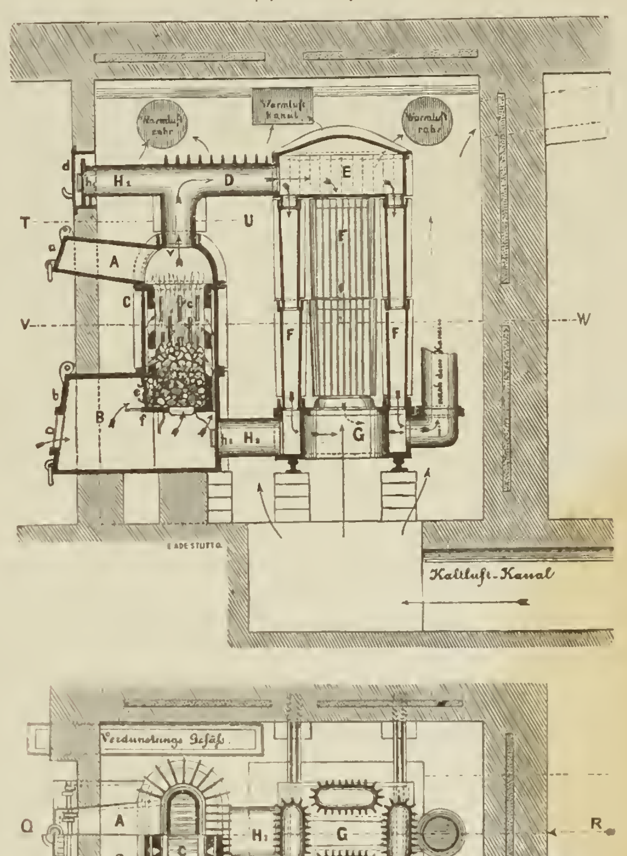
Die äußere Reinigung der senkrechten Seitenwandungen des Apparates bietet keine Schwierigkeit dar, dagegen ist die gefaltete Deckplatte für Staubablagerung in hohem Grade geeignet, und hier wird öftere Kontrole nötig sein, weil jede Erwärmung Zersetzung der Staubteile befördert, also Gase erzeugt, welche die Luft verunreinigen.

IV. **Centralheizungsofen mit Korbrostfeuerung von Möhrlin in Stuttgart.** (Fig. 147 und 148.) Der Apparat besteht aus einem Feuertopf C, mit Füllschacht A, dem herausziehbaren Planrost f und dem Korbrost c. Zwei drehbare und wegnehmbare Stäbe e verhindern das Herabfallen des Brennmateriales. Der Luftzutritt zum Brennraume findet in der Richtung der Pfeile statt. Durch Einschaltung des Korbrostes kommt das glühende Brennmaterial nun mit dem Feuertopfe gar nicht in Berührung; es tritt vielmehr zwischen diesen und den Korbrost stets frische Luft vom Aschenraume B her, welche erwärmt den Destillationsgasen in der obern Brennstoffschicht zugeführt wird und deren vollständige Verbrennung bewirkt. Gleichzeitig wird der Feuertopf durch die abkühlende Wirkung des eintretenden Luftstromes auch ohne Ausfütterung vor dem Erglühen geschützt. Der Zutritt der frischen Luft zum Aschenraume erfolgt durch Öffnungen in der Thür b, welche mittels eines Schiebers verschließbar sind.

Die drei Teile, aus welchen der Feuertopf besteht, sind durch Sandverschluß gedichtet; dadurch wird ihrer Beweglichkeit im erhitzten Zustande Rechnung getragen. Zur Erzielung einer schnellen Wärmeabgabe sind die Wandungen desselben mit Rippen verstärkt. — Aus dem Feuerraume steigen die Verbrennungsprodukte durch die Bogenröhre D[1]) in den Rauchkasten E, verbreiten sich daselbst, treten dann durch die gerippten Rohre F abwärts nach dem Sammel-

Fig. 147 und 148.

Querschnitt nach Q—R.



Querschnitt nach T—U und V—W.

kasten G und von da durch den Rauchstutzen i in das Rauchrohr, resp. in den Schornstein.

Das Ausrußen des Ofens soll durch Öffnen der Klappe d und nach Abnehmen der Deckel H_1 H_2 und H_3

1) An der stark verengten Haube des Feuerraumes stoßen die heißen Feuergase gegen die vortretenden Flanschen v, wobei eine vermehrte Wärmeabgabe stattfindet. Hier dürfte ein Erglühen der betreffenden Wandung trotz der Strahlrippen schwer zu verhindern sein.

erfolgen mit Hilfe einer Bürste, an einem langen, spanischen Rohr, in der Weise, daß von H_1 her der Ruß aus dem Rauchkasten E und den 4 Rohren F nach dem Sammelkasten gefegt und durch H_2 und H_3 entfernt wird. Aber wenn nicht der Deckel des Kastens abgenommen wird, dürfte eine vollständige Reinigung nicht gelingen und die Untersuchung, ob dieselbe gelungen ist, kann auf andere Weise nicht erfolgen, als von der Kammer aus, was als Übelstand zu betrachten ist.

Die Lage der Transmissionsflächen ist dagegen durchaus zweckmäßig angeordnet: der Rauch sinkt, seiner Abkühlung entsprechend, in den gerippten Rohren F abwärts, und die Luft macht den entgegengesetzten Weg. Sie kann aber unter dem Rauchkasten E nur schwer entweichen, und müßte dieser daher wie der untere Kasten G in der Mitte durchbrochen sein. In diesem Falle würde auch die Decke des Rauchkastens nur geringe Staubflächen darbieten. Die Reinigung der Staubflächen ist bei der Geräumigkeit der Heizkammer leicht zu bewerkstelligen.

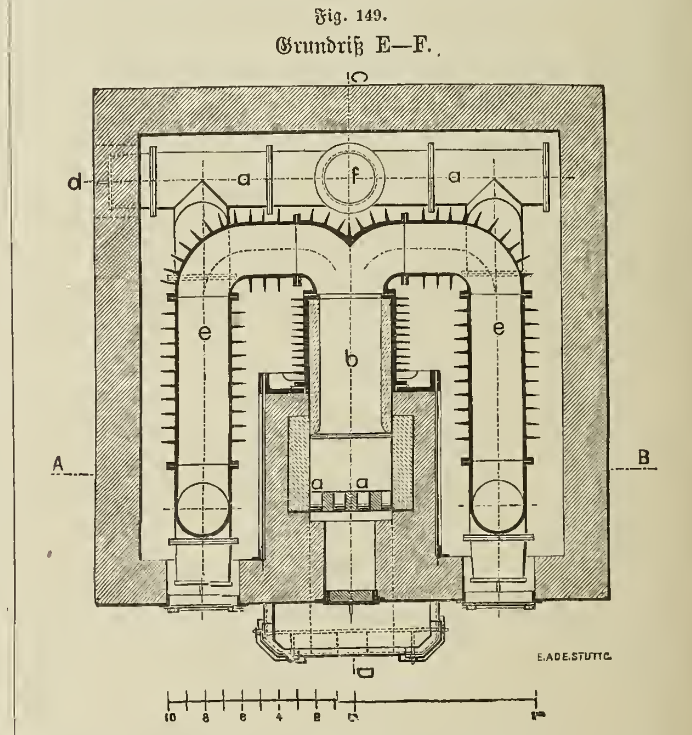
Der Zutritt der atmosphärischen Luft in die Kammer ist aus der Zeichnung ersichtlich, ebenso die Mündungen der Heizkanäle; ein Wasserverdampfungsgefäß ist vorhanden.

V. **Centralluftheizungsofen von J. H. Reinhardt in Würzburg.** Auf Taf. 20 in Fig. 1—4 ist ein Apparat nach dem ältern Reinhardt'schen System dargestellt, und zwar ist Fig. 1 ein Horizontalschnitt in Höhe von EF mit dem Arrangement der Einfeuerung und des Rostes, Fig. 2 ein desgleichen in Höhe von CD; Fig. 3 der Querschnitt, Fig. 4 der Längenschnitt durch die Heizkammer. Es bezeichnet: a den aus 20 mm dicken Platten verschraubten Feuerkasten mit Chamotteausfütterung und b den Feuerhut, der stärker im Guß ausgeführt und mit Strahlungsrippen versehen ist. Die Verbrennungsprodukte werden unter der Decke des Hutes durch 4 gußeiserne gerippte Rohre e e von 250 mm Lichtweite abgeführt und bewegen sich von hier aus schlangenförmig zu jeder Seite des Feuerkastens in doppelten Zügen abwärts, um unterhalb der Schnittlinie EF in den gemeinsamen Rauchsammler einzumünden, von wo aus das Sammelrohr f sie vertikal aufwärts in den Schornstein führt. Die unteren horizontalen Heizrohre werden entweder auf Stützen von Eisen oder Stein, oder auf eiserne Träger, welche in der Richtung des Querschnittes GH eingemauert sind, fest verlegt. Über dem Apparat, gestützt auf die oberen Rohre, liegen zwei Wasserdampfer i, welche von außen her gefüllt werden. h ist die Inspektionsthür, welche jederzeit eine Besichtigung des Apparates gestattet; der Aschenfall c ist mit zweiflügeliger Thür versehen. Bei B in Fig. 1 befindet sich der Raum für den Heizer, wie solches auch aus dem Grundriß des Kellergeschosses auf Taf. 20 hervorgeht; an der entgegengesetzten Seite bei A liegt ein Putzraum. Das Ausrußen der Rohre findet im vorliegenden Falle bei der größeren Heizkammer von den genannten Räumen her statt. Alle Reinigungskapseln sind mit Deckeln d verschlossen.

k ist die Austrittsöffnung des Kanales für frische, kalte Luft und w, w sind die Abzugsöffnungen für erwärmte Luft. Cirkulation der Zimmerluft nach der Kammer hinab findet nicht statt. Der Kanal k tritt unterhalb der Souterrainmauern vom Hofraume her in das Gebäude und versorgt beide Heizkammern. Durch eine Drehklappe mit Schlüssel kann der Luftzutritt geregelt oder auch ganz abgeschnitten werden, wenn die Heizung aufhört; ebenso ist das Rauchrohr mit einer Drehklappe versehen.

Die Lage der Heizflächen des Reinhardt'schen Ofens ist eine derartige, daß die Luft ungehindert aufwärts steigen kann, während die Rauchgase sich in horizontalen Zügen nach unten bewegen. Dadurch soll erreicht werden, daß die Luft bei ihrem Eintritt Röhren bestreicht, welche die relativ niedrigste Temperatur haben und im Aufsteigen erst diejenigen trifft, welche Gase von hoher Temperatur führen, so daß an jeder Stelle eine größtmögliche Wärmeabgabe stattfinden kann. Die gerippten Rohre sollen auch eine schnelle Transmission ermöglichen und das Erglühen der Röhren im obern Teile der Feuerzüge, welche die heißesten Gase führen, verhindern. Dieser Gedanke hat wohl dem Fabrikanten bei der Konstruktion des gerippten Hutes vorgeschwebt. Aber trotz der bedeutenden Gußstärke, des beträchtlichen Abstandes vom Rost und der angebrachten Strahlungsrippen ist dieser gerippte Hut nicht

Fig. 149.
Grundriß E—F.



im stande, die strahlende Wärme des glühenden Brennstoffes und die leitende der Verbrennungsgase schnell genug abzuführen. Infolge eingetretener ungleichmäßiger Spannungen

Fig. 150.
Schnitt A B.

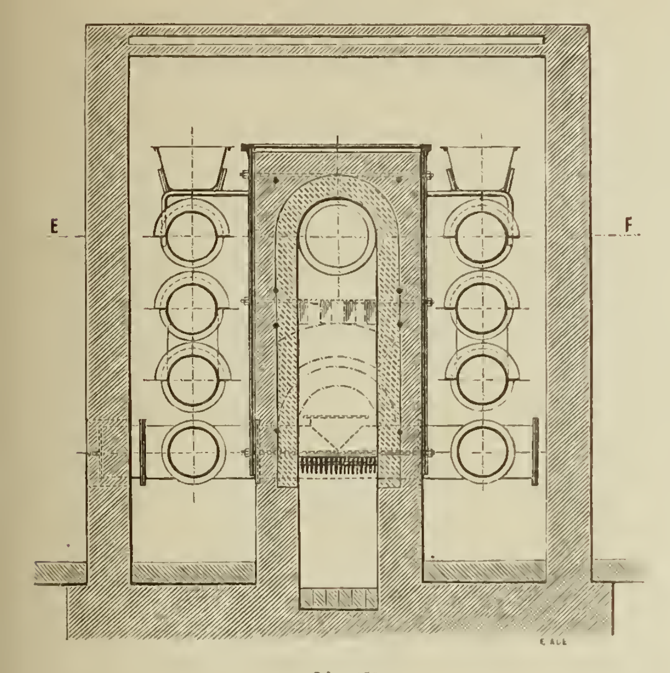


Fig. 151.
Schnitt CD.

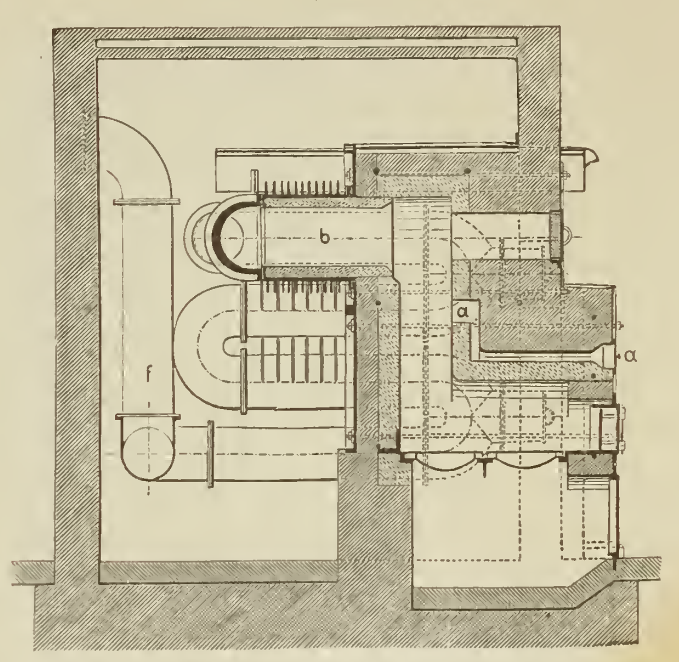
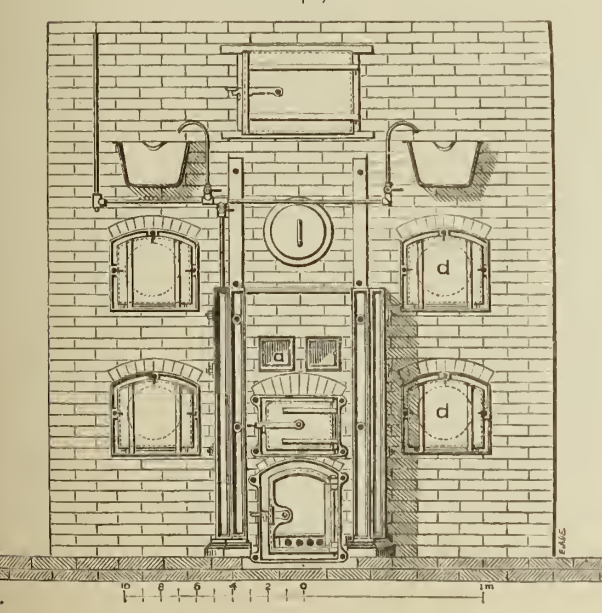


Fig. 152.
Ansicht.



ist daher in der That der Hut bei starker Inanspruchnahme geborsten. Dies hat dem Fabrikanten Veranlassung gegeben, den vordern Teil des Apparates in der Art umzugestalten, wie solches die Figuren 149—152 verdeutlichen.

Planrost für Steinkohlenfeuerung und periodische Beschickung sind beibehalten. Auf der vordern Hälfte des Rostes soll sich nur Brennmaterial befinden, welches in der Verkokung begriffen ist (an dieser Stelle hat der Feuerraum eine Höhe von 40—50 cm). Ist die Verkokung erfolgt, so wird dasselbe nach hinten geschoben, gleichförmig verteilt und auf der vordern Hälfte werden frische Kohlen aufgelegt. Der Rauch, der sich anfangs bildet, und die Destillationsgase streichen dann über den glühenden Coaks auf der hintern Rostfläche und werden vollständig verbrannt, wenn eine hinreichende Menge heißer, atmosphärischer Luft zutritt. Dafür ist aber gesorgt durch vier Luftkanäle a a, aus welchen die vorgewärmte Luft im obern Teile in den massiven Brennschacht eintritt. Der Brennschacht behält bei 35 cm Tiefe volle Rostbreite und führt die Feuergase in ein mit zahlreichen Strahlungsrippen versehenes, gußeisernes Rohr b mit 5 cm starker Chamotteausfütterung; von hier aus in hergebrachter Weise durch zweifache Schlangenrohre nach dem Sammelrohre a und nach dem 30 cm weiten Schornsteinrohre.

Der Schwerpunkt der neuen Konstruktion liegt daher in dem **Feuerherde**. Dieser besteht aus gußeisernen, 20 mm dicken **Seiten-** und **Stirnplatten**, die mit Verstärkungsflanschen zwecks der Verschraubung versehen sind; außer der $^1/_2$ Stein starken Ziegelausmauerung wird er nach innen noch $^1/_2$ Stein stark mit Chamotte ausgefüttert. Hierdurch wird das Erglühen der gußeisernen Wandung vermieden, andererseits ein mächtiges Wärmereservoir geschaffen. Die Stirn- und Seitenplatten sind seitlich und nach der Länge mit dem Mauerwerk verankert.

Die Heizrohre e, e sind 27 cm weit und nur an der obern Seite gerippt, weil diese von den heißesten Gasen bestrichen wird, daher schnell die Wärme transmittieren soll. Ihre Reinigung von Ruß erfolgt durch fünf Reinigungskapseln d mit Doppelverschluß; vier derselben sind in der Stirnmauer zu beiden Seiten der Heizthür sichtbar, eine fünfte Kapsel liegt in der Seitenmauer. Zur Ausrußung des Rohres b ist ein Deckel mit Chamotteausfütterung vorhanden. In der Stirnwand des Ofens (Fig. 152) ist ferner die Anordnung der Heizthür und der Aschenthür ersichtlich; erstere ist mit innerem Strahlblech, letztere mit Luftregister versehen. Über der Heizthür liegen die Luftkanäle für Rauchverbrennung. Endlich sind die Wasserverdampfer mit Zuleitungsrohren und Abschlußhahnen ersichtlich und über diesen (in der Mitte) die Thür zur Revision und Reinigung der Außenflächen des Apparates. Diese wird sich im wesentlichen auf die Entfernung der Staubablagerungen zwischen den Strahlungsrippen der Heizrohre beziehen, denn die Decke des Feuerherdes ist leicht zu putzen.[1])

Alle Verbindungen der Rohre erfolgen bei dem „System Reinhardt" mittels Flanschen, welche mechanisch bearbeitet sind. Diese Methode ist für horizontale Rohre nicht als mustergültig von der Kritik bezeichnet worden (wegen der zu erwartenden höheren Erwärmung der obern Rohrhälfte); indessen haben sich daraus resultierende Übelstände in praxi noch nicht herausgestellt.[2]) — Die gesamte Heizfläche des dargestellten Apparates beträgt 38 Quadratmeter.

Angaben über den Nutzeffekt der Reinhardt'schen Apparate geben wir an anderer Stelle, nämlich bei Beschreibung der Heizanlage des Direktorial-Wohngebäudes des physikalischen Instituts zu Berlin, dargestellt auf den Taf. 21—24.

VI. **Luftheizungsapparat von Emil Kelling in Dresden.** Der auf Taf. 25 in Fig. 1—4 dargestellte Luftheizungsofen ist beim Bau der Volksschule am Albanithore zu Göttingen zur Anwendung gekommen.

Der Apparat besteht aus einem schmiedeeisernen Feuerraume A, schmiedeeisernen vertikalen Brennschacht B und horizontalen Verteilungskanal C aus demselben Material. Die Kasten A, B und C werden mit Chamotte ausgefüttert. Die an den Verteilungskasten C sich zunächst anschließenden oberen Heizrohre E sind inwendig mit angegossenen Spitzen versehen, welche zur Aufnahme der rohrförmigen Chamotteauskleidung dienen. Nachdem die im Feuerraume entwickelten Rauchgase das Rohr E verlassen haben, gehen sie in den gußeisernen Röhren F, C, H, I hin und her und münden direkt in den schmiedeeisernen Rauchsammler D ein. Die Verbindung der Röhren unter sich, sowie mit dem Verteilungskasten C und Rauchsammler D geschieht durch mit Sand gefüllte Doppelfalze. Da die vertikalen Rohrstutzen und die Doppelfalze an jedes Rohr angegossen sind, so ist die Anzahl der Fugen auf das geringste Maß beschränkt.[1]) Auf den obersten Röhren befinden sich Wasserpfannen, welche das nötige Wasser verdampfen. — Die Heizfläche des Apparates enthält 30 qm. Die totale Rostfläche für Braunkohlenfeuerung 0,38 qm, die freie 0,2 qm.

Einrichtung des Brennraumes. Der geneigte Rost b besteht aus mehreren Flachstäben, denen eine Zahl rippenartiger Stäbe angegossen sind, so daß dadurch ein Treppenrost gebildet wird. Die Flachstäbe stützen sich oberhalb auf einen festen Rundeisenstab (welchen ein lagerähnlich geformter Anguß der Stäbe umfaßt) und unterhalb auf einen mit der Achse O drehbaren Rahmen. Sobald O hin und her gedreht wird, schwingen die einzelnen Teile des Rostes, machen also eine schüttelnde Bewegung, die das Nachrutschen der Kohle veranlaßt. Die Stäbe des horizontalen Rostes p liegen lose nebeneinander in einem gußeisernen Rahmen. Zwei gußeiserne Rechen e e greifen in die Rostspalten, diese reinigend, sobald die Stange hin und her geschoben wird. Die Rechen finden ihre Führung in dem Rahmen des Rostes. Solche Rechen sind notwendig bei einem Brennmaterial, welches, wie die Braunkohle, viel Asche liefert, und sie sind auch möglich, weil die Temperatur im Brennraume dabei erheblich niedriger ist, als bei Steinkohlenfeuerung. Die Thür ist zweiflügelig, man kann sie daher öffnen, ohne den Bügel der Stange zu entfernen. — Das Brennmaterial wird durch die Öffnung der Klappe k eingeworfen und die Verbrennungsluft tritt durch die Öffnungen einer Schraubenklappe ein. Des Materials der Heizflächen ist bereits Erwähnung geschehen. Hierzu mag bemerkt werden, daß die Verwendung von Schmiedeeisen zur Herstellung des eigentlichen Brennraumes mit Brennschacht und Verteilungskanal — wegen der größern Dehnbarkeit des Eisenbleches — ein Verschrauben und Vernieten der Fugenränder (Flanschen) ohne Bedenken gestattet. Dagegen ist Sorge getragen, daß die gußeisernen Röhren E, F, G, H und I freie Beweglichkeit behalten. Es wird dies erreicht durch kurze, angegossene Stutzen, und zwar haben die nach unten gerichteten Stutzen i glatte Ränder, die nach oben gerichteten angegossene Rinnen, in welche die glatten Ränder eingreifen. Der verbleibende Zwischenraum ist mit Sand gefüllt. Die Heizröhren sind am

1) Wegen des starken, nach oben gerichteten Luftstromes ist die Staubablagerung in der Kammer nur eine mäßige.

2) Die Apparate von Kniebandel und Wegner verwenden an dieser Stelle Verbindungsmuffen mit übergeschobenen und durch Lehm gedichteten Rohrschellen.

1) Die zu den Apparaten verwendeten Heizröhren werden in Längen von 1,5—3 m gegossen.

vorderen Ende eingemauert, die hinteren Enden derselben ruhen auf eingemauerten eisernen Trägern.

Um das Erglühen der Ofenteile zu verhindern, sind nicht allein der Feuerraum und der Brennschacht, sondern auch der horizontale Verteilungskanal nebst den Röhren E E mit Chamotte ausgefüttert. Strahlungsrippen werden bei den Rohren E, F, G und H nicht verwendet, was deren äußere Reinigung jedenfalls sehr erleichtert und den Nutzeffekt sogar relativ erhöht.[1])

Die Bewegung des Rauches in den Röhren erfolgt im Sinne der Gegenstromheizung, d. h. nach unten, diejenige der Luft ungehindert nach oben. Dies Arrangement ist immerhin günstig zu nennen, weil hierbei eine Steigerung der Lufttemperatur in der Kammer möglich ist, sofern bei ihrem Aufsteigen Röhren von zunehmender Temperatur angetroffen und umspült werden. Trotzdem bleiben — wie schon oben bemerkt wurde — die liegenden Rohre in der Wirkung hinter den vertikalen zurück, weil sie nur teilweise von dem aufsteigenden Luftstrome bespült werden können. Die Reinigung derjenigen Flächen des Apparates, auf welchen Staubablagerungen möglich sind, kann jederzeit und ohne alle Schwierigkeit in der Kammer bewirkt werden.

Das Ausrußen des Verteilungskanales, der Röhren E, F, G, H und I, sowie des Rauchsammlers D geschieht nach Fortnahme der betreffenden Reinigungsdeckel; schwieriger ist den kurzen Stutzen beizukommen, welche sich rechtwinklig zu jenen und vertikal abzweigen, aus diesem Grunde freilich auch weniger zu Rußablagerung Veranlassung geben. Eine Prüfung der Rohre in Bezug auf Reinheit ist mit Hilfe eines Lichtes, das an einen Stock gebunden wird, möglich.

Den Heizapparat umschließt nun die Heizkammer, welche durch eine dichtschließende eiserne Thür betreten werden kann. Soweit das Mauerwerk der Kammer nicht bereits durch die Kellerwände gegeben wurde, ist dasselbe (an der Stirnseite $^1/_2$ Stein stark) in Backstein „gefugt“ hergestellt und die Kammer mit doppeltem Gewölbe abgedeckt. Der Druck der Gewölbeträger auf die der Stirnseite eingefügten Apparatenteile wird durch einen Entlastungsträger aufgenommen. Die Höhe der Kammer beträgt im Minimum 2,2 m. Zur Einführung kalter atmosphärischer Luft in die Kammer dient der gewölbte Kanal K mit ein Stein starker Wandung. Seine Ausmündung erfolgt zu beiden Seiten des Heizapparates durch quadratische Öffnungen (von 66 cm Seite). Die reine Luft steigt sofort in der Richtung der Pfeile aufwärts, erwärmt sich an den Ofen- und Röhrenwandungen und entweicht durch mit Klappen versehene Öffnungen W W in die Kanäle M M. Die Klappen können angezogen werden, um nach Erfordernis auch die kältere Luft vom Fußboden der Kammer in die Kanäle M eintreten zu lassen und dadurch Mischung der kalten und erhitzten Luft zu bewirken; man nennt sie daher Mischklappen und die Kanäle M Mischkanäle. Dagegen führen die Kanäle Z Z kalte Zimmerluft in den atmosphärischen Kanal K zurück und heißen Cirkulationskanäle. Cirkulation der Zimmerluft nach der Kammer ist nur beim „Anheizen“ zulässig.

Zwischen den Kanälen M und Z liegt das befahrbare Schornsteinrohr; es kann jedoch auch, wenn lokale Verhältnisse solches bedingen, an anderer Stelle Platz finden. Die vollständige Anlage einer Centralluftheizung mit Ventilation nach dem System Kelling ist auf den Tafeln 26—28 dargestellt und auf Seite 104 ausführlich beschrieben.

Anmerkungen. Zu den Apparaten mit horizontaler Rohrführung gehören sodann:

a) Die Luftheizungsöfen von Kniebandel & Wegner in Berlin, welche das ältere, Müller'sche System mit oblongem, ausgefüttertem Heizkasten und in horizontalen Röhren aufwärts geführter Flamme (Parallelstromheizung) weiter kultivieren. Über ihre Muffenverbindung mit Rohrschellen ist bereits auf vorumstehender Seite berichtet worden.

b) Die Luftheizapparate von Fischer & Stiehl in Essen (Taf. 29). Diese Konstrukteure verwenden zur Leitung der Rauchgase nicht runde, sondern prismatische Heizröhren nach Art derjenigen des Kaiserslauterer Schachtofens, und zwar geht von dem oberen Teile des Feuerschachtes v ein großes horizontal liegendes, geripptes Heizrohr a nach dem hinteren Untersatze b, der in 2 Abteilungen zerlegt ist. Von hier führt ein glattes, prismatisches Heizrohr c bis zum Feuerschacht, kehrt zurück nach der rechtseitigen Abteilung des Untersatzes b, um sodann in den Schornstein zu entweichen. Der Feuerschacht v und ein Teil des Heizrohres a sind mit Chamotteplatten ausgefüttert, um dem Erglühen des Apparates vorzubeugen. Die Verbindung der Heizröhren c mit dem Untersatze b resp. mit dem Feuerschacht a, und der einzelnen Rohrstücke unter sich ist durch abgehobelte und sorgfältig abgerichtete Flanschen hergestellt. Die 8 Reinigungsdeckel der Putzöffnungen beider Rohre und derjenige des Feuerschachtes sind aufgeschraubt und mit feuerfestem Kitt gedichtet. Das obere Heizrohr ist, damit der Apparat sich ungehindert bewegen kann, mit dem Untersatz nicht fest verbunden, sondern ein angegossener Hals taucht in eine mit feinem Sand gefüllte Rinne des Untersatzes (Sanddichtung). — Die Reinigung des Apparates von Flugasche u. s. w. muß leider vom Innern der Kammer her erfolgen.

Die Firma Fischer & Stiehl fertigt auch schmiedeeiserne Apparate, rücksichtlich deren wir auf die von der Fabrik herausgegebene Broschüre verweisen unter dem Titel: „Luftheizungsapparate von Fischer & Stiehl in Essen.“

1) Dem Anbringen von Strahlungsrippen bei Transmissionsröhren wird in der Regel eine zu hohe Bedeutung beigelegt. Prof. Fischer in Hannover hat darüber Versuche angestellt, wobei sich ergab, daß die Wärmeabgabe eines gerippten vertikalen Rohres von 10,0 cm äußerem Durchmesser mit 8 Stück 4,5 cm breiten, radial gerichteten, an der Wurzel 2 cm dicken Strahlungsrippen sich verhielt zu derjenigen des glatten Rohres = 25,8 : 16,3. Dies Verhältnis wird noch ungünstiger, wenn die Rippen, wie bei horizontalen Röhren, parallel gerichtet sind, so daß sich die Flächen gegenseitig bestrahlen. Prof. Wolpert wendet daher bei seinem Strahlenraumofen sogenannte Strahlbleche an, welche zwischen den Rippen eingehängt werden.

VII. Ein neuerer Luftheizapparat ist der in Fig. 153—155 dargestellte „Vertikal-Gegenstrom-Calorifère“ von Kori. Horizontale Heizflächen sind bei diesem Apparat nach

Fig. 153.

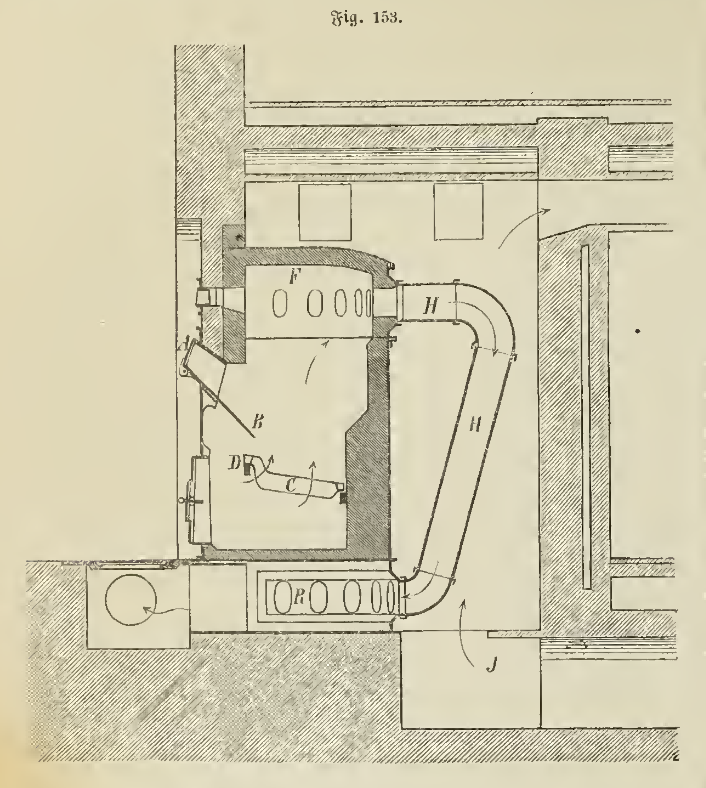
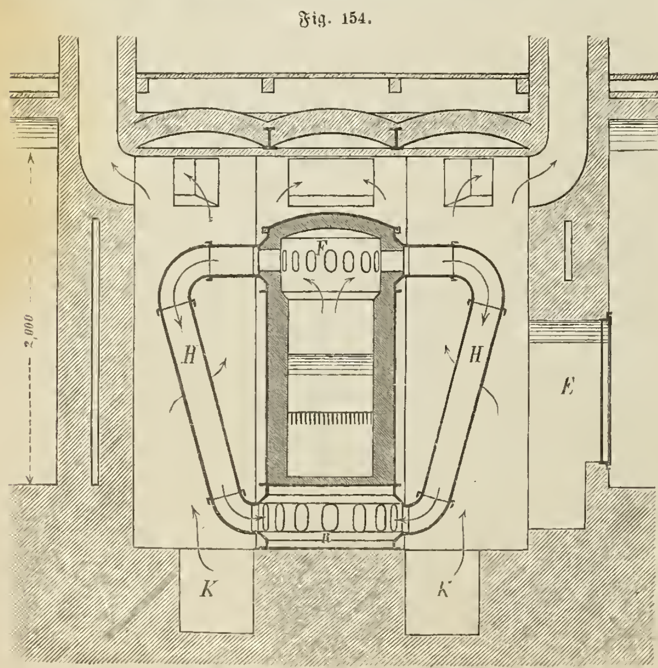


Fig. 154.

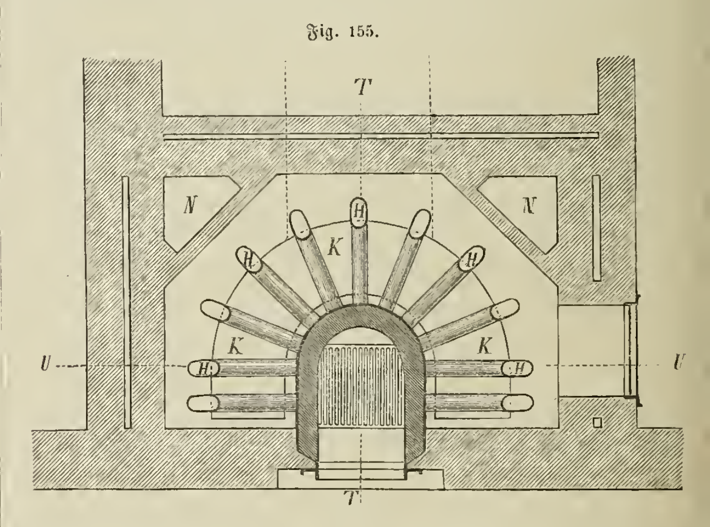


Möglichkeit und gerippte Flächen ganz vermieden; erstere um die Ablagerung von Staub und das Versengen desselben an den Heizflächen zu hindern, letztere der leichtern Reinigung wegen. Heiztechnisch sind die Rippen ohnehin entbehrlich, da mittels einer glatten Heizfläche erfahrungsmäßig ein höherer Wärmeeffekt erzielt werden kann als mit einer gleich großen Rippenheizfläche: die Rippen bilden daher einen unnützen Ballast. Die Reinigung des Apparates geschieht von der Frontseite, d. h. vom Vorraume aus, wo die Bedienung stattfindet.

Ein Vorteil des Gegenstrom-Calorifère liegt in dessen geringer Konstruktionshöhe und seinen relativ niedrigen Anlagekosten.

Konstruktion und Bedienung. Das Brennmaterial wird durch die Füllthür A eingeschüttet, gleitet auf der Fläche B hinab und verbrennt in einem hufeisenförmigen Korbrost C. Die Feuergase werden nun in eine Anzahl strahlenförmig angeordneter Heizrohre H verteilt, die unterhalb in dem Rauchsammler R münden. Hierbei

Fig. 155.



findet Gegenstrom statt, da die frische Luft aus dem ringförmigen Kanal K aufwärts steigt und die Heizrohre in einer, den Rauchgasen entgegengesetzten Richtung umspült. Horizontale Bleche im oberen Teile zwingen die Luft zu inniger Berührung mit dem Rohrsystem. — Die Heizkammer ist durch eine in der rechten Abschlußwand ausgesparte Thür zugänglich. Die Entrußung des Calorifères erfolgt nach Herausnahme der Roste; hierbei stößt der Arbeiter mittels einer Bürste den angesetzten Ruß in den Rußsammler R, von wo er durch eine Thür entfernt werden kann.

Wir können die Beschreibung moderner Heizapparate nicht beschließen, ohne vorher einen Blick auf die allgemeine örtliche Anlage und Konstruktion der Heizkammer zu werfen.

Der Platz, welcher der Heizkammer im Souterrain des zu beheizenden Gebäudes anzuweisen ist, ist zu sehr durch örtliche Verhältnisse bedingt, als daß allgemeine Regeln für dessen Wahl sich aufstellen ließen: jedenfalls soll seine

Lage zu der Gruppe von Räumen, die er beheizt, eine möglichst **centrale** sein, denn dadurch werden Ungleichmäßigkeiten in den Leitungen vermieden. Anhaltspunkte dafür geben die Beispiele ausgeführter Anlagen auf Taf. 21 bis 28.

Der Platz für die Heizkammer soll **vollkommen trocken** sein. Ist dies nicht der Fall, so muß man die Kammer durch Asphaltschichten und Cementlagen **isolieren**. Dadurch wird verhindert, daß die Erdfeuchtigkeit in den Mauern konstant aufsteigt und das aufgesaugte Wasser von der warmen Luft aufgenommen, also in Dunstform in die Zimmer getragen wird.

Die Kammer ist so groß anzulegen, daß die Reinigung des Apparates und die Ausführung von Reparaturen **bequem** geschehen können.

Die **Wände** stellt man gern **doppelt**, d. h. mit Isolierschichten her; das Mauerwerk wird aus Kalkmörtel mit vollen Fugen hergestellt und bleibt unverputzt.

Auch die Decke der Heizkammer wird durch ein **doppeltes Gewölbe** gebildet und der verbleibende Zwischenraum mit Asche ausgefüllt.

Den **Fußboden** aus gebrannten Steinen doppelt herzustellen, ist ebenfalls empfehlenswert; zur Ausfüllung des Hohlraumes dienen Schlacken und Coaksasche.

Die **Einsteigethür** lege man möglichst tief und so klein als möglich an, um Wärmeverluste zu vermeiden; sie soll sehr dicht schließen, doppelt und (mindestens die innere) aus Eisen konstruiert sein.

§ 42.

Bestimmung des Nutzeffektes und der Heizfläche der Luftheizapparate.

Wie in jedem Zimmerofen, so wird auch in den Caloriféren ein Teil der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme nutzbar gemacht und transmittiert, ein anderer Teil entweicht mit den Rauchgasen in den Schornstein. Bringt man die im Schornstein verlorene Wärmemenge von derjenigen in Abzug, welche das Brennmaterial überhaupt entwickelt hat, so ist der Rest die nutzbar gemachte Wärme. Das einzige sichere Mittel zur Bestimmung des absoluten Nutzeffektes eines Heizapparates besteht nun darin:

1) das Volum der Luft zu bestimmen, welches denselben in einer gegebenen Zeit durchströmt, die Verbrennung unterhält und als Rauch in den Schornstein entweicht und
2) die Wärmemenge zu bestimmen, welche der Rauch enthält.

Die Experimente werden mittels eines **Anemometers**, welches die Abzugsgeschwindigkeit der Luft im Rauchrohre anzeigt, angestellt. Die Temperatur der ein- und ausströmenden Luft wird durch ein gutes Thermometer gemessen.

Bezeichnet man nun

mit V das Volum der Luft, welche in einer gegebenen Zeit den Schornstein durchströmt,
„ d deren Dichtigkeit, oder das Gewicht eines Kubikmeters Luft an der Stelle, wo das Volum bestimmt wurde,
„ T die Temperatur der Luft beim Entweichen aus dem Apparat in den Schornstein,
„ t die Temperatur der Luft beim Eintritt in den Herd, so ist die Wärme, welche die Luft aufgenommen und weggeführt hat, gegeben durch die Formel:

$$V \cdot d\,(T - t)\;0{,}237 \text{ W.-Einheiten,}$$

worin 0,237 die **Wärmekapazität der Luft** bei konstantem Drucke bezeichnet.

Zieht man diese verlorene Wärme von der durch das Brennmaterial entwickelten = C ab, so ist die Differenz

$$C - V\,d\,(T - t)\;0{,}237$$

das Maximum des kalorischen Nutzeffektes, und das Verhältnis

$$\frac{C - V\,d\,(T - t)\;0{,}237}{C}$$

der **totale kalorische Nutzeffekt** des betreffenden Heizapparates oder das **totale Ergebnis**.

Hiermit ist freilich der wahre Nutzeffekt praktisch noch nicht festgestellt; er ist es nur dann, wenn der Apparat — wie bei lokaler Luftheizung und bei Mantelöfen mit Luftcirkulation geschieht — in dem zu erwärmenden Raume Aufstellung findet. Befindet er sich dagegen im Souterrain des Gebäudes, ist er gegen Abkühlung schlecht geschützt und sind die Abzugskanäle für warme Luft schlecht angelegt, so kann ein namhafter Teil der produzierten Wärme verloren gehen. Der Nutzeffekt ist auch im zweiten Falle durch Messung der in gegebener Zeit ausströmenden erwärmten Luftvolumina (wenngleich nicht im ganzen Umfange) nachzuweisen. Hat man zu dem Ende α) die **Luftmenge**, welche durch die Leitungsröhren abströmt, mit dem Anemometer bestimmt, β) die **Temperaturdifferenz** zwischen der erwärmten und der in die Heizkammer eintretenden Luft festgestellt, endlich γ) die aus dem aufgewendeten Brennmaterial entwickelte Gesamtwärmemenge C berechnet, so erhält man den **wirklichen Nutzeffekt** in der Anzahl von Wärmeeinheiten, welche die erwärmte Luft absorbiert hat, und das Verhältnis zur Wärmemenge C kann das **nutzbare Ergebnis** genannt werden. Das nutzbare Ergebnis ist nie so groß als das im ersten Falle gefundene totale Ergebnis.

Die Luft hat nach ihrem Austritte aus der Heizkammer meistens noch mehr oder minder lange Röhren zu passieren, in welchen sie einen weitern Teil ihrer Wärme verliert.

Dasjenige Wärmequantum aber, welches sie in die betreffenden Räume wirklich überträgt, wird der relative Nutzeffekt des Apparates genannt.

Der relative Nutzeffekt, dividiert durch die entwickelte Wärme des Brennmaterials, heißt das Endergebnis.

Bei Vergleichung von Luftheizapparaten nach ihren Resultaten werden also diese 3 Arten des Effekts, nämlich: das totale Ergebnis, das nutzbare Ergebnis und das Endergebnis wohl zu berücksichtigen sein.

Versuche über den Nutzeffekt von Calorifèren sind von Morin im Conservatoire des arts et métiers in Paris angestellt und deren Resultate veröffentlicht worden.[1])

Heizfläche der Luftcalorifère. Zur Bestimmung der Heizfläche von Apparaten mit gußeisernen Röhren und Gegenstromheizung, wie sie gegenwärtig meistens üblich sind, kann man folgende Regeln von Redtenbacher benutzen. Es sei:

- W die Wärmemenge, welche stündlich an die zu erwärmende Luft abgegeben werden soll,
- T_0 die Temperatur der Verbrennungsgase unmittelbar über dem Roste,
- T_1 die Temperatur, mit welcher die Verbrennungsgase den Heizapparat verlassen,
- t_0 die Temperatur der reinen, kalten Luft, welche in die Heizkammer eingeführt werden soll,
- t_1 die Temperatur, bis zu welcher die Luft erwärmt werden soll,
- L das Gewicht der Luftmenge, welches stündlich erwärmt wird,
- K = 14 der Wärmedurchgangs-Koeffizient für den Durchgang aus Luft durch eine Wand von Gußeisen in Luft,
- F die Oberfläche der sämtlichen Röhrenwandungen, so hat man:

$$F = \frac{W \,.\, \log.\ \text{nat.}\ \dfrac{T_0 - t_1}{T_1 - t^0}}{K \,.\, T_0 - T_1 - (t_1 - t_0)}.$$

$$L = \frac{W}{0{,}237\ (t_1 - t_0)}.$$

Nach Untersuchungen an gut konstruierten Apparaten darf man annehmen:

$$T_0 = 1000,\ T_1 = 200^0.$$

Für Maximalleistung ist zu setzen:

$$t_0 = -20^0,\ t_1 = +40 \text{ bis } 50^0 \text{ C.}$$

Anm. Durch derartige theoretische Bestimmung wird aber die Heizfläche in der Regel zu klein, daher die Temperatur der Heizluft zu hoch. In der Praxis ist meistens der kalorische Nutzeffekt des Apparates durch Versuche vorher bestimmt worden und danach die stündlich von dem Quadratmeter Heizfläche effektiv zu erwartende Menge von Wärmeeinheiten annähernd bekannt. Das nutzbare Ergebnis liegt bei gut konstruierten Apparaten auf 0,66 der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme. Ein Beispiel, wie aus der Luftmenge, welche stündlich vom Apparat zu erwärmen ist, die Heizfläche gefunden werden kann, unter der Voraussetzung, daß der Quadratmeter Heizfläche von Gußeisen stündlich 2000 Wärmeeinheiten abgiebt, ist in § 45 im Zusammenhang vorgeführt.

1) Salubrité des habitations etc. par A. Morin.

§ 43.

Die Luftleitungs-Vorrichtungen.

Die Luftleitungskanäle bilden neben dem Calorifère einen integrierenden Teil jeder Luftheizungsanlage und haben eine dreifache Bestimmung, nämlich:

I. die erwärmte Luft aus der Heizkammer in die zu beheizenden Räume zu leiten (Heizkanäle);

II. der Heizkammer als Ersatz der abziehenden Luft frische Luftmassen zuzuführen (kalte Kanäle);

III. die verdorbene Zimmerluft abzuführen (Ventilationskanäle), und — wenn das Anheizen nach § 38 A erfolgt —

IV. die kalte Zimmerluft nach der Heizkammer hinabzuführen (Cirkulationskanäle).

I. Die Heizkanäle. Kanäle für warme Luft müssen aus einem Material hergestellt werden, welches geringes Wärmeleitungsvermögen besitzt, denn die Überleitung der Wärme an das dieselben umgebende Mauerwerk ist offenbar dem Zweck, der verfolgt wird, entgegengesetzt. Metall ist daher nicht geeignet für Warmluftröhren; Glas ist zu teuer und zu zerbrechlich: es bleibt daher keine andere Wahl als künstlicher Stein und Thon. Man führt die Heiz-Kanäle gern in massiven Mittelmauern oder in starken Scheidemauern mit eckigem Querschnitt auf und fugt sie gut aus, um die Reibung möglichst zu vermindern und den Wärmeverlust in den Mörtelfugen zu verhüten. Besser noch ist es, innen glasierte Thonröhren gleichzeitig mit der Mauer aufzuführen, in solcher Art, daß ein kleiner Luftraum zwischen Röhre und Mauer verbleibt und die Röhren sich nur mit der kurzen Muffe, welche das folgende Rohrstück einfaßt, an das Mauerwerk lehnen, wie die Fig. 156 und 157 veranschaulichen. Die Röhren können durch ein paar eiserne Ringe mit eingemauerten Dübeln festgehalten und die Fugen mit Chamottemörtel gedichtet werden; den verbleibenden hohlen Raum füllt man mit Sand oder Asche aus.

Alle Warmluftkanäle werden mit parallelen Wänden aufgeführt. Zur Bestimmung ihres Querschnittes ist zunächst die allgemeine Formel[1]) für die theoretische Aus-

1) Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880.

flußgeschwindigkeit wärmerer Luft in kältere in Anwendung zu bringen:

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,(T-t)}{273+T}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Darin repräsentiert:

2g die Beschleunigung des freien Falles = 9,81 m,
H die Höhe des Kanales bis zu dessen Mündung im Zimmer.
T die Temperatur der Heizluft an dessen unterem Teile in der Heizkammer,
t die Lufttemperatur an seiner Ausmündung.

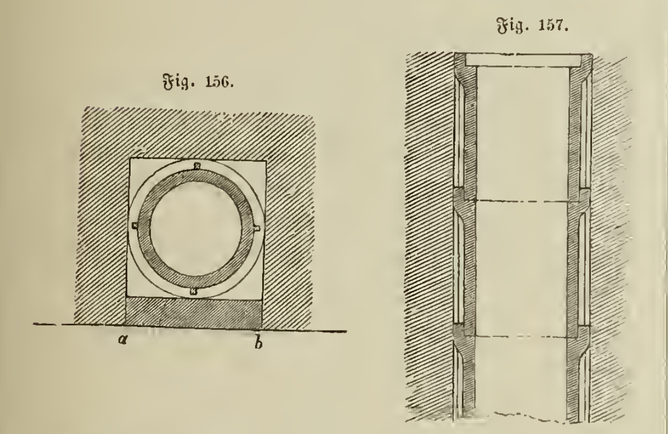


Fig. 156. Fig. 157.

Für Metermaß kann man die Formel auch schreiben:

$$v = 4{,}4\sqrt{\frac{H\,(T-t)}{273+T}}.$$

Demnach hängt die *theoretische* Ausflußgeschwindigkeit der warmen Luft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle ab. Die effektive Abzugsgeschwindigkeit beträgt aber nur 0,5 der theoretischen wegen Reibung in den Kanälen und Stauung der Luft in den Biegungen und an den Verschlußgittern der Ausströmungsöffnungen.

Bei Berechnung der Geschwindigkeit v ist nicht die Maximal-Temperaturdifferenz, sondern eine Heizkammertemperatur von 60° und die mittlere Zimmertemperatur von 10° C., also die Differenz T — t = 50° zu Grunde zu legen.

Für die Kanäle im Erdgeschoß ist zu setzen H = 2,5 m und danach findet man die wirkliche Abzugsgeschwindigkeit für das Erdgeschoß:

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\sqrt{\frac{2{,}5\,.\,50}{273+60}} = 1{,}34 \text{ m.}$$

Für das I. Stockwerk von 4,5 m Höhe erhält man:

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\sqrt{\frac{7\,.\,50^0}{273+60^0}} = 2{,}2 \text{ m;}$$

und für das II. Stockwerk, wenn die Höhe der Bel-Etage 4,5 m beträgt,

$$v = 0{,}5 \times 4{,}4\sqrt{\frac{11\,.\,50^0}{273+60^0}} = 2{,}8 \text{ m.}$$

Man erhält nun den Querschnitt der Kanäle in Quadratmetern, indem das den einzelnen Räumen *stündlich* zuzuführende Luftquantum Q dividiert wird durch das Produkt aus Zeitdauer und Geschwindigkeit, d. h. es ist

$$F = \frac{Q}{3600\,.\,v} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Für ein Zimmer, welchem stündlich 432 cbm Heizluft zuzuführen sind, beträgt also der Querschnitt des Heizkanals im Erdgeschoß:

$$\frac{432}{3600\,.\,1{,}34} = 0{,}089 \text{ qm,}$$

wobei die vorher ermittelte Abzugsgeschwindigkeit v = 1,34 zu Grunde gelegt ist.

Einmündungsöffnungen für die warme Luft in die Heizkanäle. Da die Geschwindigkeit der Luft in den Kanälen für die oberen Etagen eine bei weitem höhere ist, als für das Erdgeschoß, so wird — bei gleichzeitiger Thätigkeit sämtlicher Kanäle — die Luft zunächst in die oberen Geschosse eintreten und diese erwärmen, während das Erdgeschoß relativ kalt bleibt. Diesen Übelstand kann man zum Teil dadurch ausgleichen, daß die Kanalmündungen der oberen Etagen etwas tiefer gelegt werden, als diejenigen für das Parterregeschoß. Andere wirksamere Mittel zur Regelung der Einströmung bestehen in den noch zu besprechenden Regulierungsvorrichtungen durch *Schieber* und *Klappen*, welche eine normale und doch gleichzeitige Erwärmung aller Geschosse gestatten. Da nun die heißeste Luft in der Kammer unter dem Gewölbescheitel sich sammelt, so legt man die Einmündungen für das Erdgeschoß derart an, daß der Luftabzug an den Stirnmauern des Gewölbes *dicht unter dem Scheitel* erfolgen kann, und die übrigen Öffnungen nur wenig tiefer, um Effektverluste zu vermeiden. In diesem Sinne sind die Anlagen auf Taf. 20 und 25 bewirkt worden. Auf Taf. 25 sind die Mündungen der Heizkanäle W W mit Regulierungsvorrichtung, d. h. mit einer, um die vordere horizontale Achse drehbaren Klappe C versehen, welche durch eine über Rollen laufende Kette stellbar ist.

Die Heizkammer nach *Kelling*'schem Systeme (Taf. 25) zeigt eine weitere Eigenthümlichkeit darin, daß die Heizkanäle bis zum Fußboden der Kammer hinabgeführt und dort ebenfalls mit Einmündungsöffnungen versehen sind. Übersteigt nun die Zimmertemperatur die normale Höhe, so wird die Drehklappe C etwas angezogen, so daß auch *kalte Luft* vom Fußboden der Kammer in den Heizkanal eintritt, sich hier mit der warmen Luft mischt und als Mischluft in das Zimmer strömt. Diese Kanäle nannten wir *Mischkanäle* und die Klappe C die *Mischklappe*.

Solche Einrichtung empfiehlt sich namentlich für Schulen und Auditorien, in denen die Temperatur während des Unterrichts infolge der Wärmeproduktion der Schüler leicht 19—20° C. erreicht. Man hat dann nicht nötig, die Luftführung ganz abzustellen, es wird nur an Stelle eines 40° heißen Luftstromes ein Luftgemisch von geringerer Temperatur eingeführt. — Die Anlage besonderer Mischkammern, wie solche für das Amphitheater des Konservatorium zu Paris eingerichtet sind, ist — aus örtlichen oder konstruktiven Gründen — nur in selteneren Fällen möglich.

Ausmündungsöffnungen für die warme Luft. Ihre Anzahl und Größe richtet sich nach Anzahl und Querschnitt der betreffenden Heizkanäle und nach den Dimensionen des zu beheizenden Raumes. Für Zimmer wird in der Regel eine Ausmündung genügen; für kleinere Säle (Salons) werden im Sinne einer gleichmäßigen Wärmeverteilung besser zwei und so mit steigenden Dimensionen des Raumes selbst drei und mehr Ausströmungsöffnungen angelegt.

Die Mündungen mit einer Einziehung zu versehen, ist unzweckmäßig, weil die Luft an dieser Stelle ohnehin Pressungen erleidet; besser ist es, den Mündungsansatz mit Rücksicht auf die Maschen des Verschlußgitters etwas zu erweitern, damit die gange Luftmenge ungehindert ausströmen kann.

Die Höhe der Mündung über dem Zimmerfußboden anlangend, müßte dieselbe — zur Erzielung schneller Erwärmung — nahe am Fußbodengetäfel liegen, damit die warme Luft sich schon beim Emporsteigen mit den kältesten Schichten in diesem Horizont mischen könne: wegen besserer Ventilation des Lokales liegt sie aber vorteilhafter nahe der Decke (und die Ventilationsmündungen am Fußboden). Am liebsten ordnet man die Ausströmung so an, daß eine in der Nähe derselben stehende Person nicht von dem warmen Luftstrom getroffen werden kann, also 2—2,30 m über dem Fußboden.

Um den Luftstrom nach Belieben einlassen, absperren und regulieren zu können, versieht man die Öffnungen mit Schiebern (von Gußeisen, Blech oder Holz), mit Drehklappen, oder Jalousieklappen, welche in dem entsprechenden metallnen Rahmen der Ausmündungsöffnung befestigt sind. Der letztere ist außerdem mit separatem, engmaschigem Gitter verschlossen.

II. Kanäle für Zuleitung frischer Luft. Der Kanal, welcher in die Heizkammer frische und reine Luft führt, welche die erwärmte verdrängen soll, muß am Fuße der Heizkammer einmünden (vgl. Taf. 20 und 25). Die Herstellung desselben erfolgt in wasserdichtem Mörtel mit 1 Stein starken Wangen und 1/2 Stein starkem Gewölbe. Sein Querschnitt könnte theoretisch etwas kleiner sein als die Summe sämtlicher Ausmündungen für warme Luft, weil die Luft sich durch Erwärmung in der Heizkammer ausdehnt. Nennt man T und t die Temperaturen der aus- und einströmenden Luft der Heizkammer, so verhalten sich die Querschnitte A und B ihrer Mündungen wie die Quadratwurzeln aus den spezifischen Gewichten der Luft bei T und t Grad, d. h.

$$A : B = \sqrt{\frac{1}{1 + aT}} : \sqrt{\frac{1}{1 + at}}.$$

Im Durchschnitt ist nun anzunehmen:

T = 50°, t = — 20° und der Ausdehnungs-Koeffizient der Luft a ist = 0,003665. Durch Einsetzen dieser Werte findet man

$$A : B = 1 : 1{,}12.$$

Indessen ist die warme Luft bei gleichem Druck spezifisch leichter, also beweglicher, um rasch emporsteigen zu können. Da ferner ein Vorrat frischer Luft nicht nachteilig ist und bequeme Kanalweite ruhiges Zuströmen veranlaßt, Aufwirbelung von Staub und Fortreißen desselben aus dem Kanal in die Heizkammer aber verhindert werden soll: so kann der Querschnitt des Kanales für frische Luft erfahrungsmäßig 1/4 größer sein, als die Summe aller Warmluftöffnungen in der Heizkammer.

Zur Regulierung der einfließenden Luftmenge bringt man auch in diesem Kanal eine dichtschließende Abschlußklappe an. Dieselbe ist ganz geöffnet, wenn man, wie in Fig. 127, heizen und ventilieren will, ist dagegen geschlossen bei der Anheizung Fig. 126, d. h. wenn man mit Cirkulation heizen will. Auch bei heftigem, Staub führendem Winde oder starkem Nebel schließt man gern die Klappe. Um bei eintretendem Winde unabhängig von der äußern Luftströmung ventilieren zu können, pflegt man endlich den Luftzuführungskanal so anzuordnen, daß er zwei Ausmündungen an entgegengesetzten Seiten des Gebäudes hat. Sobald der Wind auf eine der Zuführungsöffnungen drückt — was immer ein stoßweißes Ausströmen und schwieriges Ventilieren zur Folge hat —, stellt man diese Öffnung ab und nimmt die Luft aus der gegenüberliegenden, vom Winde nicht getroffenen Mündung des Kanales. Dieser Fall ist, wie in Taf. 26 ersichtlich, beim Bau der Volksschule zu Göttingen zur Anwendung gebracht. An jedem Ende des Kanales, der die atmosphärische Luft in die Heizkammer leitet, befindet sich eine Luftkammer mit Filtervorrichtung. Der mitgerissene Staub soll hier zurückbleiben und die gereinigte Luft erst nach dem Passieren des Filters in den Kanal eintreten. Vergl. Fig.

Wenn Luftkammern nicht angeordnet sind, dann wird die freie Mündung des Kanals durch eine Siebplatte, ein Draht- oder Eisengitter geschlossen, um das Eindringen von Ratten u. a. Tieren in den Kanal zu verhüten. Eine vollständige Absperrung durch Schieber oder Thüren während der Zeit, wo nicht ventiliert wird, ist zur Vermeidung eindringenden Staubes jedenfalls geboten.

III. Kanäle zur Ableitung verbrauchter Zimmerluft. Diese Kanäle haben die Aufgabe, in Wechselwirkung mit den Heizkanälen eine natürliche Ventilation hervorzurufen, und werden deshalb auch Ventilationskanäle genannt. Im übrigen sind sie wie Heizkanäle zu behandeln, d. h. massiv in den Korridor- oder Mittelwänden aufzuführen und mit Schiebern oder Klappen an ihrer untern Mündung zu versehen. Man führt sie entweder wie Schornsteine über Dachhöhe hinaus und versieht sie dort mit Luftsaugern, oder sie werden nur bis 1 m über den Fußboden des Dachraumes heraufgeführt.

Anm. Das letztere Arrangement ist in der schon erwähnten Volksschule zu Göttingen zur Anwendung gekommen und auf Taf. 25 dargestellt. Die Ventilationsluft verbreitet sich hier im Dachraume, aus welchem sie durch einzelne Luftsauger, die im Dachfirst aufgesetzt sind, entweicht, und die saugende Wirkung wird hier dadurch unterstützt, daß die atmosphärische Luft durch Öffnungen im Hauptgesims in den Bodenraum einströmt und auf ihrem Wege zum First des Daches die verbrauchte Zimmerluft mit fortreißt.

Die Anordnung von separaten Ventilationsschornsteinen, welche über dem Dach ausmünden, ist dagegen auf Taf. 25 dargestellt und bei dem Neubau des physikalischen Instituts in Berlin in Anwendung gekommen.

Für die Bestimmung des Querschnittes der Ventilationskanäle ist das aus den betreffenden Räumen stündlich zu evakuierende Luftquantum maßgebend. Dasselbe ist abhängig von der Benutzungsart des Lokales und wird in jedem einzelnen Falle erfahrungsmäßig pro Kopf und Stunde festgestellt (vgl. S. 85). Da bei der Winterventilation ein Abfluß wärmerer Luft in kältere stattfindet, so ist der Querschnitt F der Kanäle nach Formel (2) dieses Paragraphen zu berechnen.

$$F = \frac{Q}{3600\,v} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Zur Bestimmung von v dient Formel (1) für die theoretische Abflußgeschwindigkeit wärmerer Luft in kältere,

$$v = 4{,}4 \sqrt{\frac{H\,(T - t)}{273 + T}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

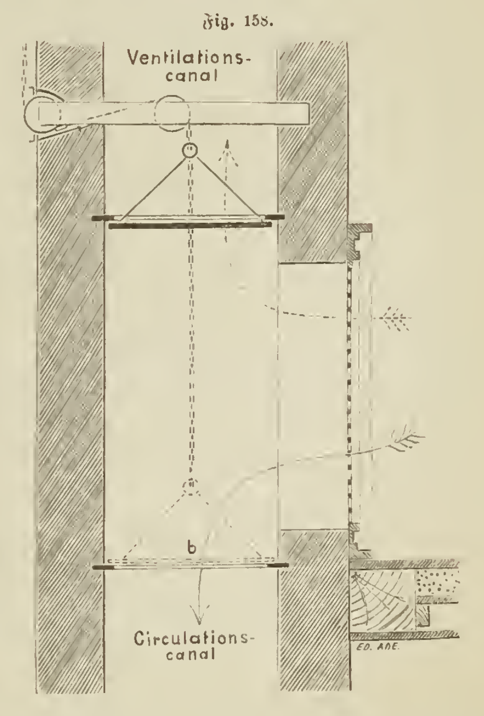
jedoch ist die effektive Abzugsgeschwindigkeit nur = 0,5 der theoretischen.

Damit die Kanäle auch bei Temperaturdifferenzen wirksam bleiben, wie solche bei Beginn und am Ende der Heizperiode stattfinden, also bei 10—12° äußerer Lufttemperatur und bei der Zimmertemperatur von + 20° C., wird in Formel (1) zu setzen sein T — t = + 8° C. Die Höhe H der Kanäle ist zu rechnen vom Fußboden des Geschosses, welches ventiliert werden soll, bis zu deren oberer Ausmündung. Für das auf Taf. 21—24 dargestellte Gebäude ist auf Seite 116 in Spalte 2 eine derartige Rechnung durchgeführt.

Die Mündungen der Ventilationskanäle werden dicht am Fußboden angelegt und wie die Heizkanäle mit Klappen- oder Schieberverschluß versehen. In gewissen Fällen, nämlich bei Überheizung oder Überfüllung des Lokales und bei starker Wärmeproduktion der Beleuchtungskörper, ist es wünschenswert, die Luftschichten nicht vom Fußboden, sondern da, wo sie am heißesten sind, d. h. unter der Decke, abzuleiten. Aus diesem Grunde wird jeder Ventilationskanal auch mit einer obern Öffnung versehen, die gewöhnlich durch eine stellbare Klappe geschlossen zu halten ist und außer den genannten Fällen nur in den Sommermonaten konstant offen bleibt. (Sommerventilation.)

IV. Kanäle für Rückleitung der abgekühlten Zimmerluft nach der Heizkammer oder Cirkulationskanäle werden nur selten als besondere Kanäle aufgeführt. Gewöhnlich verlängert man zu diesem Zweck die Ventilationskanäle vom Fußboden des Geschosses abwärts bis zur Heizkammer und benutzt den niedersteigenden Teil des Kanals zum Cirkulieren der Zimmerluft, den aufsteigenden zum Ventilieren. Die Trennung aber wird erreicht durch Anlage einer Doppelklappe b, welche durch Fig. 126 und 127 in ihren beiden entsprechenden Stellungen und in Fig. 158

Fig. 158.



detailliert dargestellt ist. Ist die Klappe gehoben, wie in vorstehender Figur, so ist der Weg zum Cirkulationskanal offen; ist sie dagegen gesenkt, d. h. in der Lage b, so findet Ventilation statt.

Das Regulieren der Klappe erfolgt mittels einer über Rollen laufenden Kette, deren ringförmiges Ende an dem, in der Mauer in bemessenem Abstande befestigten, Dorn eingehängt wird. Die Kette kann vom Zimmer oder

auch vom Korridor her eingestellt werden; letztere Einrichtung findet statt, wenn man Wandthermometer anbringt, mittels welcher der Heizer die Zimmertemperaturen vom Korridor aus beobachten kann. Solche Thermometer sind mit Vorteil auch in einer, mit der oberen Luft der Heizkammer kommunizierenden gebogenen Glasröhre anzubringen, damit die Temperatur der Heizkammer jederzeit ungehindert beobachtet werden kann.

Allgemeine Regeln:

1) Jeder zu heizende Raum muß seine eigenen Heiz- und Ventilationskanäle erhalten und diese sollen, soweit angänglich, auf kürzestem Wege aufsteigen. Die Anlage eines gemeinschaftlichen Kanales für mehrere übereinander liegende Räume ist verwerflich.

2) Das ganze Leitungssystem, d. h. Heiz-, Ventilations- und Cirkulationskanäle sind, ähnlich wie Schornsteinröhren, zuweilen mit Besen und Bürste von dem adhärierenden Staube zu reinigen, daher mit einer Anzahl Thüren im Dachboden und an sonst passender Stelle zu versehen. Diese Thüren müssen allerdings fest schließen und sind daher zur Vorsicht gehörig zu verstreichen. Die Anlage von Reinigungsthüren im Dachboden ist entbehrlich, wenn die Röhren daselbst ausmünden (Taf. 28). Sicherer ist in allen Fällen die Ausmündung über Dach.

C. Die Regulierungsvorrichtungen des Leitungssystems.

§ 44.

Sie zerfallen in äußere und innere Regulierungsvorrichtungen. Zu den ersteren gehört:

der Schieberverschluß;

zu den letzteren

die in § 43 besprochene Doppelklappe;

der Drehklappenverschluß,

der Jalousieverschluß.

I. Der Schieberverschluß. Die Fig. 159 und 160 stellen einen einfachen gußeisernen Schieber in Ansicht und Grundriß dar. Auch der Futterrahmen besteht aus Gußeisen. Vor dem Schieber und hinter demselben an der Mauer sind Schutzplatten angebracht und die Ausströmungsöffnung ist durch ein Drahtgitter gegen das Einwerfen von Gegenständen geschützt. Zum Anfassen des Schiebers, wenn derselbe bewegt werden soll, dient ein Knopf. Die Figur zeigt den Schieber so weit vorgeschoben, daß nur die halbe Ausströmungsöffnung frei ist. Wenn sich Staub in der Öffnung sammelt, oder ein Gegenstand die Bewegung des Schiebers hemmt, dann kann das Gitter abgeschraubt, die vordere Schutzplatte entfernt und die Reinigung vorgenommen werden.

Bei einfacherer Anordnung ist der Schieber glatt und besteht aus Eisenblech, ebenso die Schutzplatten, und nur der vordere Gitterrahmen ist aus Gußeisen hergestellt. Auf der glatten Fläche des Schiebers läßt sich eine Skala[1]) anbringen, welche erlaubt, dem Schieber die Stellung zu geben, welche der herrschenden Temperatur der Luft im Freien entspricht. Bei den neueren Wiener Schulbauten werden die Schieberstellungen im Laufe der ersten Heizperiode für verschiedene Außentemperaturen ein für allemal mit Hilfe des Anemometers ermittelt und angemerkt.

Dient der Schieber zum Verschluß einer, nahe der Decke liegenden Kanalmündung, so ist der Futterrahmen

Fig. 159.

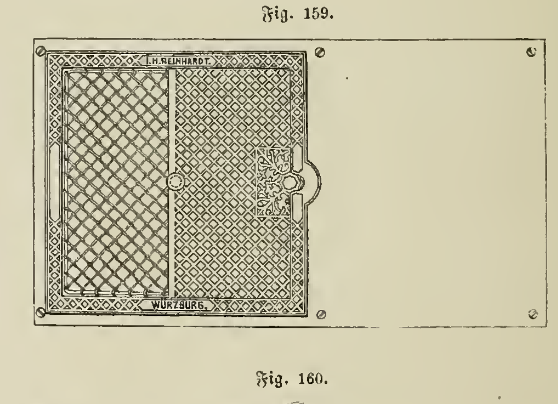
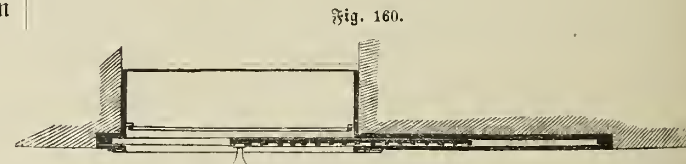


Fig. 160.



um 90° gedreht, d. h. so einzusetzen, daß der Schieber infolge seiner eigenen Schwere nach unten sinkt und dadurch die Öffnung schließt. An dem Rahmen wird dann eine Rolle angebracht, über welche ein Kettchen läuft, mittels dessen der Schieber von unten angezogen werden kann. Das untere Kettenende wird durch einen Knopf oder eine Schraube an der Mauer festgehalten. Im Sommer ist dieser Schieber ganz geöffnet und im Winter gewöhnlich geschlossen.

II. Drehklappenverschlüsse. Man fertigt sie in verschiedenen Formen, mit horizontaler oder vertikaler Drehachse, mit Zahnstangenbetrieb oder mit feststellbarer Verschlußvorrichtung.

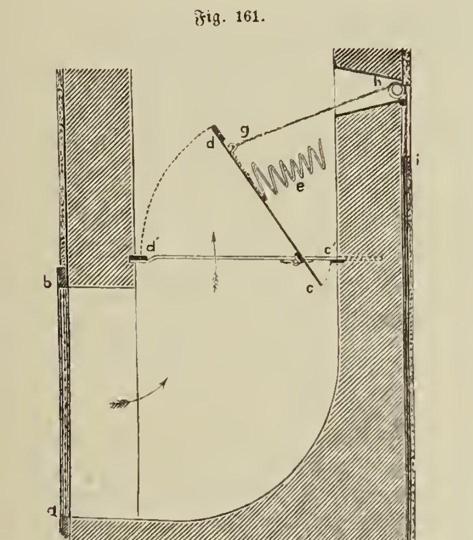
Die auf Taf. 24, Fig. 3 angedeutete Mischklappe ist ebenfalls eine Drehklappe, bei welcher die Drehachse am Fußpunkte der Mündung liegt. Die Klappe hat das Bestreben, durch ihre Schwere in horizontale Lage zu gelangen und dadurch den Mischkanal zu schließen; daran wird

1) Friedrich Paul, Central- und Ofenheizung. Wien 1878. S. 9, Fig. 2.

sie gehindert durch das an ihrem oberen Rande befestigte Kettchen, welches vertikal über zwei Rollen im Heizkanale gleitet und über eine dritte Rolle im Korridor hinabhängt. Das Ende der Kette wird an einer in der Mauer befindlichen Eisenplatte mit verstellbarem Dorn befestigt. Wenn diese Drehklappe als Verschluß von Ventilationsöffnungen dient und daher vom Zimmer aus gestellt werden soll, so ist nur eine Leitrolle nötig.

Oberingenieur Paul wendet in den städtischen Schulen Wiens beistehende Klappenkonstruktion für Regulierung des Abzuges der Ventilationsluft an. Die Drehklappe dc (Fig. 161) ist in den Kanal hinein verlegt, daher für Ausbesserungen schwer zugänglich. Das Bestreben der Klappe „zuzufallen" wird durch eine Spiralfeder unterstützt,

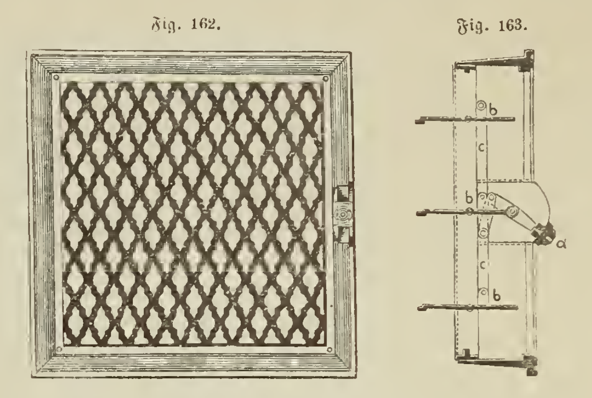
Fig. 161.



welche die senkrechte Stellung der Klappe verhindert. Eine über die Leitrolle h laufende Kette dient zum Ziehen der Klappe und geht in einen Zugdraht über, der bis zum Parterre oder Keller reicht und dort in einem Ringe endet. Um Beschädigungen des Drahtes zu verhindern, wird derselbe in einem dünnen Eisenrohr i plaziert. Wenn mit Hilfe des Anemometers die Klappenstellung für $2-2^1/_2$ malige Lufterneuerung in der Stunde ermittelt ist, kann der Heizer die Zimmerventilation vom Parterre oder Keller aus präzis regulieren. Ein äußerer Verschluß der Öffnung ab findet nicht statt.

Eine dreiteilige Drehklappe mit feststellbarer Verschlußvorrichtung ist in Fig. 162 und 163 dargestellt. Nachdem mittels des Hebels a den Klappen diejenige Stellung gegeben ist, welche einer normalen Beheizung resp. Ventilation für den herrschenden Temperaturgrad entspricht, wird der Hebel mit einem Schlüssel unverrückbar festgestellt.[1]) Um die Drehung der Klappen zu bewirken, sind an ihnen Lappen festgenietet, deren Drehpunkte b, b mit den beiden Leitschienen c verbunden sind. Wird nun der Hebel a gehoben, so gleiten die Schienen entsprechend abwärts und bewirken dadurch die Drehung der Klappen um ihre Achsen. Die Zapfenlager der Klappen liegen in

Fig. 162. Fig. 163.

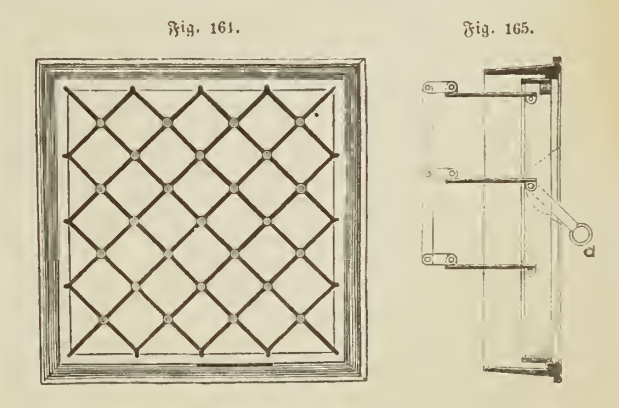


dem inneren schmiedeeisernen Rähmchen und sind in der Zeichnung durch Kreise angedeutet. Die äußere Öffnung wird durch ein Gußgitter, Drahtgitter oder — wie in Fig. 162 — ein durchlochtes Blechgitter abgeschlossen, welches an den vier Ecken mit versenkten Schrauben gegen entsprechende Winkel am Rahmen befestigt ist.

Der Abschluß der Frischluft-Kanäle erfolgt gewöhnlich durch eiserne Drehklappen mit vertikaler Drehachse.

III. Der Jalousieklappen-Verschluß. Die Fig. 164 und 165 stellen eine Jalousieklappe mit gußeisernem Futterrahmen dar. Die Bewegung wird durch den

Fig. 164. Fig. 165.



Hebel a vermittelt, und bedarf der Mechanismus keiner weiteren Beschreibung. Bringt man den Hebel in seine obere, um 90° gedrehte Stellung, so hängen die Klappen senkrecht und schließen die Öffnung. Zwischen beiden Lagen des Hebels sind verschiedene Klappenstellungen und dadurch

1) Diese Anordnung ist für Schulräume besonders empfehlenswert.

gehemmtes oder freieres Einströmen der Luft möglich. Bei Ventilationsklappen, welche nahe der Decke liegen, wird die Bewegung des Hebels durch Stellstangen bewirkt.

Andere, kompliziertere Konstruktionen können hier füglich übergangen werden.

Nachdem im Vorhergehenden die wichtigsten Teile jeder Luftheizungsanlage, nämlich die Heizkammer mit Luftheizofen, die Luftleitungs- und die Regulierungsvorrichtungen eingehend erörtert worden sind, geben wir in § 45 die Gesamtanlage zur Beheizung eines Wohn-Gebäudes mit erwärmter Luft und lassen als Beispiel die Anleitung zur Berechnung dieser Heizung folgen.

§ 45.

Luftheizungsanlage im Direktorialgebäude des Physiologischen Instituts zu Berlin, dargestellt auf Taf. 21—24.

Zur Beheizung des Gebäudes sind, wie nachstehende Berechnung ergiebt, zwei Apparate, daher zwei Heizkammern erforderlich geworden. Die dafür geeigneten Räume haben, ihren Dimensionen entsprechend, zu einer verschiedenen Röhrenanordnung der Caloriféren Anlaß gegeben. Zu jeder Heizkammer gehört ein separater Einfeuerungsraum und bei der längeren Kammer ein Raum zum Ausrußen der Röhren. Der Keller für Brennmaterial liegt zu beiden Kammern hinreichend bequem.

Die frische Luft wird jeder der Kammern durch einen unterirdischen, gewölbten Kanal zugeleitet, der etwa inmitten der Kammer ausmündet. Die Heizluft strömt aus der oblongen Kammer durch 11 Öffnungen verschiedener Größe, um ebensoviele Räume mit zusammen 1598 cbm Inhalt (in drei Geschossen) zu versorgen. Die bei C gelegene Heizkammer beheizt 11 Räume verschiedener Größe mit 1252 cbm Inhalt. — Nach den entfernteren Heizrohrmündungen strömt die Heizluft in gezogenen Kanälen über dem Gewölbe.

Die Richtung des warmen Luftstromes w, w ist durch Pfeile im Grundriß des Kellergeschosses angedeutet.

Alle Ausmündungen der Heizluft in den Zimmern der drei Geschosse, ebenso die Einmündungen der Ventilationsluft sind durch verschieden gerichtete Pfeile in den Grundrissen und durch eingesetzte Zahlen markiert. Im Durchschnitt Taf. 24 sind dagegen die verschiedenen Luftleitungen durch Pfeile anschaulich gemacht, auch die Mündungen der Kanäle angedeutet und durch Buchstabenbezeichnung erläutert. Alle Ventilationskanäle münden über Dachhöhe aus und sind mit Deflektoren versehen. Die Regulierung der Luftströmungen wird durch Drosselklappen bewirkt. Weitere Beschreibungen sind durch die Zeichnungen entbehrlich gemacht.

Berechnung des Wärmebedarfs.[1])

Um den stündlichen Wärmebedarf in ausreichender Weise feststellen zu können, ist für sämtliche Wohnräume eine Maximalleistung, d. h. Erwärmung auf + 20° C. bei einer Minimaltemperatur im Freien von — 20° vorausgesetzt. Für das geheizte Treppenhaus genügt eine Erwärmung bis 10° C. Die Korridore sind nicht geheizt, nehmen aber wegen der außerordentlich geschützten Lage zwischen geheizten Räumen und wegen der zahlreichen Heizkanäle, die in den Korridormauern angebracht sind, leicht eine Temperatur von 10 bis 12° C. dauernd an. Hiernach ergeben sich die Temperaturdifferenzen der Wärme transmittierenden Flächen wie folgt:

Für Außenwände zu	40° C.
„ Wände nach dem Treppenhause zu . .	10° „
„ „ „ „ ungeheizten Vestibül zu	20° „
„ „ „ ungeheizten Innenräumen zu	15° „
„ die Fußböden des Erdgeschosses zu . .	15° „
„ „ Decken des II. Stockwerkes zu . .	35° „

Diese Temperaturdifferenzen sind der nachfolgenden Transmissionsberechnung zu Grunde gelegt und in Tab. I, Kolumne 6 verzeichnet. Die Transmissions-Koeffizienten der Kolumne 7 sind für Backsteinmauern nach der Formel des § 16 . . $k = \frac{16{,}8}{4{,}9 + 24\,e}$ bestimmt worden.

Das Produkt aus dem Flächenmaß, der Temperaturdifferenz und dem zugehörigen Transmissions-Koeffizienten giebt den stündlichen Wärmeverlust dieser Fläche für Maximalleistung. Diese Wärmeverluste, in Wärmeeinheiten ausgedrückt, sind in der letzten Kolumne der Tabelle I auf Seite 118 enthalten.

Zu dem Gesamtwärmeverluste gehört auch diejenige Wärmemenge, welche in der Ventilationsluft enthalten ist und mit dieser stündlich entweicht. Die, in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° enthaltene Wärmemenge drückt sich aus: durch das Produkt aus ihrem absoluten Gewicht bei dieser Temperatur, ihrer spezifischen Wärme bei konstantem Druck und ihrer Temperatur. Nun ist:

die spezifische Wärme der Luft . . = 0,2375,
das absolute Gewicht[2]) bei + 20° = 1,209,

in einem Kubikmeter Ventilationsluft von + 20° sind daher enthalten:

$$1{,}209 \times 0{,}2375 \times 20 = 5{,}74 \text{ W.-Einheiten.}$$

In Kolumne 2, Tab. II sind die stündlich für jeden Raum abzuführenden Luftmengen in Kubikmetern angegeben

---

1) Hierzu die Tabellen I und II auf S. 118—120.
2) Vgl. Tabelle XIV. auf folg. Seite.

Tabelle XIV. **Dichtigkeit der Luft bei verschiedenen Temperaturen.**

Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg	Temperatur	Dichtigkeit kg
— 20°	1,400	0°	1,289	+ 20°	1,209	+ 40°	1,132	+ 60°	1,064	+ 80°	1,004
18°	1,389	+ 2°	1,285	22°	1,201	42°	1,124	62°	1,058	82°	0,998
16°	1,378	4°	1,279	24°	1,197	44°	1,118	64°	1,051	84°	0,992
14°	1,368	6°	1,270	26°	1,185	46°	1,111	66°	0,045	86°	0,986
12°	1,358	8°	1,261	28°	1,177	48°	1,104	68°	1,039	88°	0,981
10°	1,347	10°	1,252	30°	1,169	50°	1,097	70°	1,033	90°	0,976
8°	1,337	12°	1,243	32°	1,161	52°	1,090	72°	1,027	92°	0,970
6°	1,327	14°	1,234	34°	1,154	54°	0,083	74°	1,021	94°	0,965
4°	1,318	16°	1,226	36°	1,146	56°	1,077	76°	1,015	96°	0,960
2°	1,311	18°	1,217	38°	1,139	58°	1,070	78°	1,009	98°	0,950

unter der Annahme einer $1\frac{1}{2}$—2 maligen Lufterneuerung in der Stunde — die für Wohnräume in gewöhnlichen Fällen genügt. Für den Gesellschaftssaal ist dagegen eine dreimalige Lufterneuerung pro Stunde zu Grunde gelegt.

Anm. Dieses Luftquantum wird schon bei der niedrigsten Temperaturdifferenz — wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode zu herrschen pflegt —, d. h bei 10—12° Außentemperatur und + 20° C. Zimmertemperatur, abgeführt: Bei hohen Kältegraden fällt es daher noch bedeutender aus

Multipliziert man die Zahlen der Kolumne 2, Tab. II mit 5,7, so erhält man die Wärmeverluste durch Ventilation; diese Resultate sind in Kolumne 4 zusammengestellt.

Von dem Wärmeverluste durch Ventilation ist nur für den Gesellschaftssaal die stündlich produzierte Wärmemenge mit 120 Wärmeeinheiten pro Kopf in Abzug zu bringen, also für 20 Personen mit 2400 Wärmeeinheiten.[1])

In Tab. II, Spalte 5 sind endlich die Gesamtwärmeverluste für sämtliche zu heizenden Räume des Gebäudes enthalten.

Größe der Heizfläche.

Die Heizfläche der Calorifère bestimmt sich aus der Summe der Gesamtwärmeverluste, d. h. aus der Luftmenge, welche der betreffende Heizapparat in der Stunde zu erwärmen hat. Die durchschnittliche Temperatur der den Räumen zugeführten Heizluft soll + 40° C. betragen, bei welcher Temperatur ein Kubikmeter Luft

$$1{,}132 \times 0{,}237 \times 40 = 10{,}7 \text{ Wärmeeinheiten}$$

enthält. Dividiert man den Gesamtwärmeverlust eines jeden Raumes durch die Zahl 10,7, so erhält man als Resultat die Kubikmeter Heizluft, welche demselben zugeführt werden müssen. Diese Luftmengen sind in Kolumne 6 der genannten Tabelle zusammengestellt und betragen

für Gruppe I . . . 3433,5 cbm
" " II . . . 3089 "

Beide Luftvolumina müssen sich erwärmen im Maximum von — 20° auf + 40° und demgemäß ausdehnen. Das Volumen bei + 40° ist bekannt und sei bezeichnet durch V_{40}, dasjenige bei — 20° kann man ableiten aus der Formel:

$$V_{(-20)} = \frac{V_{40}}{1 + a\,t},$$

worin t die Temperaturerhöhung und a den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft = 0,003665 bezeichnet. Hiernach ist:

$$V_{(-20)} = \frac{3433{,}5 \text{ cbm}}{1 + 0{,}003665 \,.\, 60} = 2814 \text{ cbm für Gruppe I},$$

$$V_{(-20)} = \frac{3089 \text{ cbm}}{1 + 0{,}003665 \,.\, 60} = 2532 \text{ cbm für Gruppe II}.$$

Zur Erwärmung eines Kubikmeter Luft von — 20° auf + 40° C. sind erforderlich:

$$1{,}400 \times 0{,}237 \times 60 = 19{,}9 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Hiernach berechnet sich die Gesamtwärmeproduktion

für Gruppe I zu 2814 × 19,9 = 55 999 Wärmeinh.,
" " II " 2532 × 19,9 = 50 386 "

Für kontinuierliche Heizung bei Tage und Unterbrechung bei Nacht sind diese Zahlen (vergl. S. 40) zu multiplizieren mit dem empirischen Koeffizienten 1,2, so daß die voraussichtlich höchste Gesamtwärmeproduktion betragen dürfte:

für den Calorifère der Gruppe I = 67 200 W.-Einh.,
" " " " " II = 60 463 "

Die stündlich durch einem Quadratmeter glatte, gußeiserne Heizfläche entwickelte Wärmemenge beträgt 2500 bis 3000 Wärmeeinheiten. Ein größerer Teil der Flächen des Appa-

1) Die Wärmeerzeugung durch Gasflammen ist hierbei nicht in Betracht gezogen.

rates besteht jedoch aus gerippten Strahlungsflächen, welche vom Feuer nicht direkt berührt werden, auch sind horizontale Heizröhren nur mit einem Teil ihres Umfanges in Rechnung zu stellen: wir wollen daher im Durchschnitt die Wärmeproduktion eines Quadratmeters Heizfläche nur zu 2000 Wärmeeinheiten annehmen. Darnach sind erforderlich rot.:

für den Calorifère I $\frac{67200}{2000}$ rot. = 34 qm Heizfläche.

" " " II $\frac{60463}{2000}$ rot. = 30 qm Heizfläche.

Querschnitt der Heizkanäle.

Hierbei ist nur eine Ausströmungsgeschwindigkeit zu Grunde gelegt, wie sie etwa der mittleren Temperatur des Januar in Berlin (+ 1 bis 2° C.) bei einer Heizkammertemperatur von 60° C. entspricht.

Nach den im Gymnasium zu Rendsburg[1]) vorgenommenen anemometrischen Versuchen (welche mit den in § 43 durch Rechnung ermittelten Geschwindigkeiten nahezu übereinstimmen) beträgt die Ausströmungsgeschwindigkeit:

Für das Erdgeschoß im Mittel . 1,2—1,5 m in der Sekunde,
" " I. Stockwerk im Mittel 2,0—2,38 m " " "
" " II. " " " 2,2—2,6 m " " "

Man erhält nun die Querschnitte der Heizkanäle in Quadratmetern, indem man das den Räumen zuzuführende Luftquantum dividiert durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer. Danach sind die in Tab. II Kolumne 7 enthaltenen Querschnitte unter Zugrundelegung folgender Ausströmungsgeschwindigkeiten berechnet:

Im Erdgeschoß . . . . 1,2 m,
" I. Stockwerk . . . 2,0 m,
" II. Stockwerk . . . 2,5 m.

Für Zimmer Nr. 1 ergiebt sich demnach ein Querschnitt des Heizkanals von:

$$\frac{387}{3600 \,.\, 1{,}2} = 0{,}089 \text{ qm}.$$

Querschnitt der Ventilationskanäle.

Dieselben sind für die Minimal-Temperaturdifferenz von 8° C., wie solche zu Anfang und am Ende der Heizperiode stattfindet, nämlich für + 10 bis 12° Lufttemperatur im Freien und + 20° C. Zimmertemperatur zu berechnen. Schon bei dieser Differenz von 8° C. soll 1- bis 2maliger Luftwechsel für die Wohn- und Schlafzimmer, und eine 3malige Lufterneuerung für den Salon stattfinden. Da die theoretische Abzugsgeschwindigkeit der Ventilationsluft außer von der Temperaturdifferenz auch von der Höhe und Beschaffenheit der Abzugskanäle abhängt, so berechnet sie sich nach der Formel I § 43

$$v = 4{,}4 \sqrt{\frac{H\,(T - t)}{273 + t}}.$$

Die effektive Abzugsgeschwindigkeit ist nur $^1/_2$ der theoretischen.

Die Höhe der Kanäle beträgt vom Fußboden des Geschosses ab gerechnet:

für die Räume im Erdgeschoß . . 16,16 m,
" " " " I. Stock . . . 12,26 m,
" " " " II. " . . . . 7,39 m,

Die wirklichen Abzugsgeschwindigkeiten bei T — t = 8° betragen demnach:

für das Erdgeschoß $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{16{,}16 \times 8}{293}} = 1{,}487$ m,

" " I. Stockw. $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{12{,}26 \times 8}{293}} = 1{,}279$ m,

" " II. Stockw. $0{,}5 \times 4{,}4 \sqrt{\frac{7{,}39 \times 8}{293}} = 0{,}981$ m.

Hiernach erhält man unter Annahme eines 1- bis 2maligen Luftwechsels in den Wohnräumen und einer 3maligen Lufterneuerung im Salon folgende Querschnitte für die Räume von Gruppe I, wie sie in Kolumne 8 zusammengestellt sind.

E	Für das Zimmer des Directors .	$\frac{300}{1{,}49 \,.\, 3600} = 0{,}056$ qm
	" " Vorzimmer . . .	73 : (1,49 × 3600) = 0,014 "
	" " Privatlaboratorium	300 : (1,49 × 3600) = 0,056 "
	" " Treppenhaus . .	263 : (1,49 × 3600) = 0,049 "
I	" " Arbeitszimmer . .	325 : (1,28 × 3600) = 0,070 "
	" " Vorzimmer . . .	100 : (1,28 × 3600) = 0,021 "
	" " Zimmer der Töchter	250 : (1,28 × 3600) = 0,054 "
	" " Salon (zur Hälfte)	426 : (1,28 × 3600) = 0,092 "
II	" " Schlafzimmer . .	154 : (0,98 × 3600) = 0,043 "
	" " "	250 : (0,98 × 3600) = 0,070 "
	" " "	160 : (0,98 × 3600) = 0,045 "
	" den dispon. Raum . .	79 : (0,96 × 3600) = 0,022 "

Bei der Ausführung sind diese Querschnittsdimensionen — zum Teil des Mauerverbandes wegen — auf die Zahlen der Spalte 9 vergrößert worden.

Die Querschnitte für Gruppe II werden in derselben Weise bestimmt.

Bestimmung des Kohlenverbrauchs.

Bei einer Außentemperatur von — 1° C., welche 4° niedriger bleibt, als die mittlere Wintertemperatur von Berlin, beträgt der stündliche Wärmeverlust nur $\frac{21}{40}$ des oben berechneten Maximalbedarfs, also

1) Diese Messungen sind im März 1877 bei + 2° äußerer Temperatur und für ähnliche Etagenhöhen vorgenommen worden. D. Verf.

für Gruppe I $\frac{67\,200 \times 21}{40} = 35\,280$ Wärme-Einh.

" " II $\frac{60\,463 \times 21}{40} = 31\,743$ "

zusammen 67 023 Wärme-Einh.

Bei täglich 10stündiger Heizung resultiert also ein täglicher mittlerer Wärmebedarf von zusammen

$10 \times 67\,023 = 670\,000$ Wärmeeinh. rot.

Nun beträgt der theoretische Heizeffekt mittelguter Steinkohlen pro Kilogramm 6000 Wärmeeinheiten, wovon in Wirklichkeit nur nutzbar gemacht werden 67 Proz. oder rot. 4000 Wärmeeinheiten: der gesamte Kohlenverbrauch für 6 Heizmonate oder 180 Heiztage (Mitte Oktober bis Mitte April) berechnet sich daher pro Heizperiode auf

$\frac{670\,000 \times 180}{4000} = 30\,150$ kg $= \frac{30\,150}{75} = 400$ hl.

In Praxi betrug der tägliche Kohlenverbrauch nach 7tägiger Beobachtung bei im Mittel $2{,}5^0$ äußerer Temperatur für beide Caloriferen = 3 hl.

Die **Gesamtkosten der Heizungsanlage** sind in der untenstehenden Aufstellung unter A enthalten.

Der Kubikinhalt sämtlicher zu erwärmenden Räume beträgt nach Tab. II, Kol. 1 rot. 1598 + 1252 = 2850 cbm; hiernach erforderten je 100 cbm zu heizender Raum einschließlich der Ventilationseinrichtungen

$\frac{8730}{28{,}50} = 306$ Mark Anlagekosten.

A. Kosten der Heizanlage.

Nr.	Anzahl	Benennung der Gegenstände	Geldbetrag im einzelnen ℳ	₰	Geldbetrag im ganzen ℳ	₰
		I. Erd- und Maurerarbeiten.				
1	—	Die Fundamente der beiden Heizapparate und				
2	12	lauf. Meter Kanal, letzterer 0,38 m in den Wangen stark mit ½ Stein starkem Gewölbe. Hierzu die Erde ausgehoben, das Fundament in angemessener Breite in Beton hergestellt, die Wangenmauern des Kanals mit Klinkern in Cement aufgeführt und überwölbt, auch das umgekehrte Gewölbe als Sohle desselben in Cement hergestellt und den Kanal abgedeckt.				
		Hierzu an Arbeitslohn zusammen	363	—		
		" " Material	960	—		
3	—	Sonstige Maurerarbeiten an den Stirnmauern der beiden Kammern, beim Vermauern der Reinigungskapseln und der Zuleitungen von warmer Luft bis in die Steigekanäle, beim Einsetzen der sämtlichen Verschlußgitter, der Drossel- und Jalousieklappen und der Befestigung von Deflektoren auf den Ventilationsessen	840	—		
		Maurerarbeiten	—	—	2163	—
		II. Eisenteile und Geräte.				
4	2	Calorifère von Reinhardt in Würzburg, mit 36 qm Heizfläche und Wasserverdunstungsgefäßen	3462	—		
5	2	Rauchrohre vom Heizapparate nach dem Schornsteine führend, vom 30 cm lichter Weite, zusammen 4 m lang à 28 ℳ	80	—		
6	2	Einschlupfthüren zu den Heizkammern à 21 ℳ	42	—		
7	2	Satz große Schürgeräte à 36 ℳ	72	—		
8	1	große Putzbürste	7	—		
9	2	eiserne Drehklappen mit Schlüssel für den kalten Kanal, à 1,20 breit, 0,90 m lang à 50 ℳ	100	—		
10		Fracht und Aufstellungskosten (Montage)	650	—		
11	15	qm gußeiserne Gitter zum Verkleiden der Heiz- und Ventilations-Öffnungen à 36 ℳ	540	—		
12	22	Drosselklappen verschiedener Größe zum Abschluß der Heizkanäle durchschnittlich à 12,5 ℳ	297	—		
13		desgl. für die Ventilationskanäle	297	—		
14	50	Drehklappen für den Verschluß der unteren Ausströmungsöffnungen à 12 ℳ	600	—		
15	28	Jalousieklappen mit Stellstange für die oberen Ventilationsöffnungen à 15 ℳ	420	—		
			—	—	6567	—
		Gesamtkosten			8730	—

Tabelle I. **Berechnung der Wärmetransmission von den Räumen im Direktorialgebäude des „Physikalischen Instituts" zu Berlin.**

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh. im einzelnen	Anzahl der W.-Einh. im ganzen
		Gruppe I.									
E.	1	Zimmer des Direktors	Frontwand abz. der Fenster .	0,64	6,37	4,15	19,94	40°	0,82	654,03	
			2 Doppelfenster	—	2,60	2,50	6,50	40	1,54	400,40	
			Angebaute Wand	0,64	7,41	4,15	28,22	15	0,82	349,57	
			Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	15	2,60	93,47	
			Wand am Klosett	0,51	6,37	4,15	26,44	15	0,96	380,74	
			Teil der Wand am Korridor .	0,64	3,00	4,15	7,95	8	0,82	52,15	
			Die Thür darin	—	1,50	3,00	4,50	8	2,60	93,60	
			Der Fußboden	—	6,37	7,41	47,20	15	0,39	276,12	
			Die gestakte Decke	—	6,37	7,41	47,20	5	0,54	127,44	2427,52
E.	2	Vorzimmer	Frontwand abz. 2 Fenster . .	0,64	2,70	4,15	7,07	40	0,82	231,90	
			2 Doppelfenster	—	1,80	2,30	4,14	40	1,54	255,02	
			Korridorwand	0,25	2,70	4,15	8,68	8	1,55	107,63	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	4,40	2,70	11,88	15	0,39	69,50	
			Decke (gestakt)	—	4,40	2,70	11,88	5	0,54	32,08	748,75
E.	3	Privatlaboratorium	2 Frontwände abz. 3 Fenster .	0,64	{6,37 / 5,98}	4,15	41,50	40	0,82	1361,20	
			3 Fenster	—	3,90	2,50	9,75	40	1,54	600,60	
			Wand an der Garderobe . . .	0,51	6,37	4,15	26,44	15	0,96	380,74	
			Wand am Korridor	0,64	2,00	4,15	8,30	8	0,82	54,45	
			Fußboden	—	6,37	5,98	38,09	15	0,39	222,83	
			Decke (gestakt)	—	6,37	5,98	38,09	5	0,54	102,84	2722,66
E.	4	Treppenhaus	Frontwand abz. 2 Fenster . .	0,51	3,10	13,20	28,68	30	0,82	705,53	
			2 einfache Fenster	—	3,60	3,40	12,24	30	3,00	1101,60	
			2 Wangenmauern	0,38	14,00	13,20	184,80	5	1,12	1034,88	
			kalter Fußboden	—	3,10	7,00	21,70	15	0,39	126,95	
			kalte Decke	—	3,10	7,00	21,70	25	0,54	292,95	3261,91
I.	5	Arbeitszimmer	Frontwand abz. 2 Fenster . .	0,64	6,37	4,60	20,02	40	0,82	656,66	
			2 Doppelfenster	—	2,90	3,20	9,28	40	1,54	571,65	
			Wand angebaut	0,64	7,41	4,60	31,56	15	0,82	388,19	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	15	2,60	98,67	
			Wand am Klosett	0,51	6,37	4,60	29,30	15	0,96	421,92	
			Wand am Korridor	0,64	3,00	4,60	11,27	8	0,82	73,93	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,37	7,41	47,20	4	0,39	73,63	
			Decke (gestakt)	—	6,37	7,41	47,20	5	0,54	127,44	2464,71
I.	6	Vorzimmer	Erkerwand abz. 2 Fenster . .	0,51	3,70	4,60	9,06	40	0,96	347,90	
			2 Fenster	—	1,80	3,20	7,96	40	1,54	490,34	
			2 desgl.	—	1,00	2,20					
			Einfache Glaswand	—	2,70	3,80	10,26	8	3,00	246,24	
				—	2,70	0,80	2,16	8	2,60	44,93	
			Fußboden	—	5,20	2,70	14,04	4	0,39	21,90	
			Decke (gestakt)	—	5,20	2,70	14,04	5	0,54	37,91	1189,22
I.	7	Zimmer der Töchter	2 Frontwände abz. 2 Fenster .	0,64	{6,37 / 5,98}	4,60	42,89	40	0,82	1406,79	
			3 Doppelfenster	—	4,35	3,20	13,92	40	1,54	857,47	
			Wandteil am Korridor . . .	0,64	2,20	4,60	7,59	8	0,82	49,79	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,37	5,98	38,09	4	0,39	59,42	
			Decke (gestakt)	—	6,37	5,98	38,09	5	0,54	102,84	2528,93
										Seitenbetrag	15343,70

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Dimensionen: Länge	Dimensionen: Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh. im einzelnen	Anzahl der W.-Einh. im ganzen
									Übertrag: . .		15343,70
I.	8	Salon	Frontwand abz. 4 Fenster . .	{0,64 {0,51	7,20 3,54	4,60 4,60	23,84 8,32	40° 40	0,82 0,96	781,95 319,49	
			4 Fenster	—	4,70	3,20}	17,24	40	1,54	1061,98	
			2 Fenster	—	1,00	2,20}					
			Korridorwand	0,64	9,74	4,60	35,50	8	0,82	232,88	
			2 Thüren darin	—	3,10	3,00	9,30	8	2,60	193,44	
			Fußboden	—	9,74	6,37	62,04	4	0,39	96,78	
			Decke (gestakt)	—	9,74	6,37	62,04	5	0,54	167,51	
										2854,03	
						hiervon ½ für Gruppe I = ...					1427,01
II.	9	Eckschlafzimmer	2 Frontwände abz. 4 Fenster .	0,51	{6,43} {6,04}	3,65	35,52	40°	0,96	1363,97	
			4 Fenster	—	4,00	2,50	10,00	40	1,54	616,00	
			Korridorwand	0,64	2,00	3,65	4,77	8	0,82	31,29	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	6,43	6,04	38,84	4	0,39	60,59	
			Decke (gestakt)	—	6,43	6,04	38,84	35	0,54	734,08	
											2858,55
II.	10 u. 11	Schlafzimmer	Frontwand abz. 3 Fenster . .	0,51	{3,08} {3,34}	3,65	15,93	40	0,96	611,71	
			3 Fenster	—	3,00	2,50	7,50	40	1,54	462,00	
			Korridorwand	0,64	6,42	3,65	18,37	8	0,82	120,51	
			2 Thüren darin	—	2,20	2,30	5,06	8	2,60	105,25	
			Fußboden	—	6,42	6,43	41,28	4	0,39	64,40	
			Decke (gestakt)	—	6,42	6,43	41,28	35	0,54	780,19	2144,06
II.	12	Disponibler Raum	. . . .	—	—	—	—	—	—	—	1035,00
								Summa: Gruppe I			22808,32
		Gruppe II.									
E.	13	Dienerzimmer	Wie Gruppe I Nr. 3.	—	—	—	—	—	—	—	2722,66
E.	14	do.	Frontwand abz. Fenster . . .	0,64	2,81	4,15	8,41	40	0,82	275,85	
			1 Fenster	—	1,30	2,50	3,25	40	1,54	200,20	
			Wand am Vestibul	0,38	6,37	4,15	23,91	20	1,12	535,58	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	20	2,60	131,56	
			Wand am Korridor	0,64	2,81	4,15	9,13	10	0,82	74,87	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	10	2,60	65,78	
			Fußboden	—	6,37	2,81	17,90	15	0,39	104,72	
			Decke (gestakt)	—	6,37	2,81	17,90	5	0,54	48,33	
											1436,89
I.	15	Salon	Wie in Gruppe I Nr. 8.	—	—	—	—	—	—	—	1427,01
I.	16	Zimmer der Frau	Wie Gruppe I Nr. 7.	—	—	—	—	—	—	—	2528,93
I.	17	Blumenzimmer	Wie Gruppe I Nr. 6.	—	—	—	—	—	—	—	1189,22
I.	18	Speisezimmer	2 Frontwände abz. 2 Fenster .	0,64	{6,37 {3,60	4,60	36,58	40	0,82	1199,82	
			2 Fenster	—	2,90	3,20	9,28	40	1,54	571,65	
			Erkerwand abz. 3 Fenster . .	0,51	5,50	4,60	15,70	40	0,96	602,88	
			3 Fenster	—	3,00	3,20	9,60	40	1,54	591,36	
			Wand an der Treppe	—	6,37	4,60	27,00	10	1,12	302,40	
			1 Thür darin	—	1,00	2,30	2,30	10	2,60	59,80	
			Wand am Korridor	0,64	2,75	4,60	8,15	8	0,82	53,46	
			1 Thür darin	—	1,50	3,00	4,50	8	2,60	93,60	
			Fußboden	—	6,37	6,85	43,63	4	0,39	68,06	
			Decke	—	6,37	6,85	43,63	5	0,54	117,80	
			Fußboden im Erker	—	—	—	7,07	4	0,39	11,03	
			kalte Decke daselbst	—	—	—	7,07	35	0,54	133,62	
											3805,43
II.	19	Schlafzimmer	Frontwand abz. Fenster . . .	0,51	3,08	3,65	8,74	40	0,96	335,62	
			1 Fenster	—	1,00	2,50	2,50	40	1,54	154,00	
			Korridorwand	—	3,08	3,65	8,71	8	0,82	57,14	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	3,08	6,43	19,80	4	0,39	30,89	
			Decke	—	3,08	6,43	19,80	35	0,54	374,22	
											1004,49
								Gruppe II Seitenbetrag			14114,63

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Transmittierende Flächen	Dimensionen: Mauerstärke	Länge	Höhe	Flächeninhalt	Temperaturdifferenz	Transmissionskoeffizient	Anzahl der W.-Einh.: im einzelnen	im ganzen
									Übertrag: . .		14114,63
II.	20	Schlafzimmer	Wie Gruppe I Nr. 9	—	—	—	—	—	—	—	2858,55
II.	21	Schlafzimmer	Frontwände abz. 5 Fenster . .	0,51	{6,93 / 6,43}	3,65	36,26	40°	0,96	1392,38	
			5 Fenster	—	5,00	2,50	12,50	40	1,54	770,00	
			Wand am Badezimmer . . .	—	6,43	3,65	21,27	10	1,12	238,22	
			1 Thür darin	—	1,00	2,20	2,20	10	2,60	57,20	
			Korridorwand	—	2,75	3,65	10,04	8	0,82	65,86	
			Fußboden	—	6,93	6,43	44,56	4	0,39	69,51	
			Decke	—	6,93	6,43	44,56	35	0,54	842,18	
											3435,35
II.	22	Ankleidezimmer	Frontwand abz. 2 Fenster . .	0,51	2,70	3,65	4,86	40	0,96	186,62	
			2 Fenster	—	2,00	2,50	5,00	40	1,54	308,00	
			Korridorwand	0,25	2,70	3,65	7,33	8	1,54	90,31	
			1 Thür darin	—	1,10	2,30	2,53	8	2,60	52,62	
			Fußboden	—	2,70	3,97	10,72	4	0,39	16,72	
			Decke	—	2,70	3,97	10,72	35	0,54	202,61	
											856,88
							Summa: Gruppe II				21265,41

Tabelle II. Übersicht des Gesamt-Wärmeverlustes.

Stock	Nr.	Benennung der Räume	Rauminhalt cbm	Evakuierte Luftmenge cbm	Wärmeverlust: Transmission in der Stunde	Wärmeverlust: Ventilation in der Stunde	Gesamt Wärmeverlust W.-Einh.	cbm Heizluft	Querschnitt der Heizkanäle qm	Querschnitt der Ventilationskanäle: berechnet qm	ausgeführt qm
		Gruppe I.									
E.	1	Direktorzimmer . . .	196	300	2428	1710	4138	386,7	0,089	0,056	0,16
E.	2	Vorzimmer	49	73	749	279	1028	96,0	0,022	0,014	0,04
E.	3	Privatlaboratorium . .	158	300	2723	1710	4433	414,3	0,095	0,056	0,21
E.	4	Treppenhaus	263	263	3262	1499	4761	444,9	0,127	0,049	0,076
I.	5	Arbeitszimmer . . .	217	325	2465	1852	4317	403,4	0,056	0,070	0,15
I.	6	Vorzimmer	64	100	1189	570	1759	164,3	0,023	0,021	0,04
I.	7	Zimmer der Töchter .	175	250	2529	1425	3954	369,5	0,051	0,054	0,18
I.	8	Salon ½	142	426	1427	2428—1200	2655	248,1	0,034	0,093	0,14
II.	9	Schlafzimmer	142	250	2859	1425	4284	400,2	0,044	0,070	0,13
II.	10	"	73	154	1004	878	1882	175,8	0,018	0,043	0,05
II.	11	"	79	160	1140	912	2051	191,6	0,021	0,045	0,05
II.	12	Disponibler Raum . .	40	79	1035	450	1485	138,7	0,015	0,022	0,06
			1598				36747	3433,5			
		Gruppe II.									
E.	13	Dienerzimmer	158	300	2723	1710	4433	414,3	0,095	0,056	0,19
E.	14	"	74	154	1437	878	2315	216,3	0,050	0,043	0,13
I.	15	Salon ½	142	426	1427	2428—1200	2655	248,1	0,034	0,093	0,14
I.	16	Zimmer der Frau . .	175	250	2529	1425	3954	369,5	0,051	0,054	0,18
I.	17	Blumenzimmer . . .	64	100	1189	570	1759	164,3	0,023	0,021	0,04
I.	18	Speisezimmer	223	450	3805	2565—1200	5170	483,1	0,067	0,097	0,16
II.	19	Schlafzimmer	72	154	1004	878	1882	175,8	0,018	0,043	0,055
II.	20	"	142	250	2859	1425	4284	400,2	0,044	0,070	0,13
II.	21	"	163	328	3435	1870	5305	495,8	0,055	0,061	0,098
II.	22	Ankleidezimmer . . .	39	78	857	445	1302	121,7	0,013	0,022	0,060
			1252				33059	3089,1			

§ 46.

Heizungs- und Ventilationsanlage der neu erbauten Volksschule am Albanithor in Göttingen.

Auf Taf. 26 und 27 sind die Grundrisse des Kellers und der drei zu heizenden Geschosse dargestellt. Die Schulanstalt ist für Knaben und Mädchen bestimmt, daher die Grundrißanlage eine nahezu symmetrische. Zum Verständnis derselben wird je eine Etagenhälfte genügen.

Jede Hälfte des Gebäudes wird durch einen Apparat beheizt, und für jede der beiden Heizkammern ist ein besonderer Luftzuführungskanal angeordnet. Dieser steht mit zwei, an entgegengesetzten Seiten liegenden, Luftkammern in Verbindung, in denen Filtervorrichtungen angebracht sind; bei eintretendem Winde kann dann unabhängig von der äußeren Luftströmung ventiliert werden.

Taf. 28 stellt den Durchschnitt des Schulgebäudes nach der Linie A-B im Grundriß dar. Die Bewegung und Verteilung der Ströme warmer und kalter Luft in den Leitungskanälen ist durch Farben charakterisiert, welche mit den Farben der Grundrisse korrespondieren. In Taf. 28 bedeutet:

a die Heizklappe, b die Doppelklappe, c die Ventilationsklappe und d die Mischklappe.

Der Cirkulationskanal wird vom Ventilationskanal durch die früher beschriebene Doppelklappe (Fig. 158) geschieden. Ist sie gehoben, so ist der Weg zum Cirkulationskanal offen; ist sie gesenkt, so tritt der Ventilationskanal in Funktion.

I. Anheizung der Zimmer. Die Klappen stehen folgendermaßen:

die Klappe des Zuführungskanals im Keller ist geschlossen,
die Heizklappe a geöffnet,
die Doppelklappe b gehoben,
die Ventilationsklappen c und c′ sind geschlossen.

Vorstehende Klappenstellung bewirkt, daß die in der Heizkammer erwärmte Luft durch die Heizkanäle nach den Zimmern geführt wird. Die in den Zimmern befindliche kalte Luft geht dagegen im Cirkulationskanal abwärts nach der Heizkammer, erwärmt sich an den Apparaten und steigt wiederum durch den Heizkanal nach den Zimmern auf.

Anm. Bei dieser Klappenstellung sind die Zimmer leicht und mit Brennmaterial-Ersparnis auf 18—20° C. zu bringen.

II. Heizung mit Ventilation. Die Klappen stehen wie folgt:

Klappe im kalten Luftkanal geöffnet,
Heizklappe a geöffnet,
Doppelklappe b gesenkt,
Ventilationsklappe c und c′ geschlossen.

Bei dieser Stellung wird der Heizkammer frische Luft von außen durch den Luftkanal zugeführt, sie erwärmt sich am Apparat, steigt in den Heizkanal aufwärts nach den Zimmern und verdrängt die verdorbene Zimmerluft durch den Ventilationskanal in den Dachraum und durch die Ventilationsessen im First ins Freie.

Steigt die Temperatur während des Unterrichts auf 20—21° C., so tritt die Mischklappe in Thätigkeit, d. h. es steigt kalte Luft aus dem Mischkanal in den Heizkanal und mindert die Temperatur der Heizluft entsprechend herab.

III. Frühjahrs- und Herbstventilation (ohne Heizung).

Bei äußerer Lufttemperatur von 14—15° C. ist folgende Klappenstellung anzuwenden:

die Klappe des Zuführungskanals wird geöffnet,
die Klappe a geöffnet,
Klappe c und c′ geschlossen,
die Doppelklappe b gesenkt.

Bei solcher Stellung tritt frische atmosphärische Luft von der Kammer in die Zimmer empor, und die verbrauchte Luft entweicht durch den Ventilationskanal.

IV. An heißen Sommertagen endlich wird
die Doppelklappe b gehoben,
Klappe a geöffnet, auch c und c′ geöffnet;

nunmehr tritt die frische Luft durch die Öffnung bei a und unterhalb b ein, während die verbrauchte Luft durch c und c′ entweicht.

Um die Heizfläche des Apparates festzustellen, würde wie bei dem vorhergehenden Beispiel zu bestimmen sein:

W_a der Maximal-Wärmeverlust durch Transmission,
W_v der Wärmeverlust durch Ventilation.

Von dem Konstrukteur Herrn Kelling wird für vorliegenden Fall nach Grundlage analoger Ausführungen angenommen $W_v = 1{,}6\ W_a$, demnach der Gesamtverlust

$$\Sigma W_a + W_v = 2{,}6\ W_a \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Nach Erfahrung liefert ein Quadratmeter Heizfläche des Kelling'schen Apparates stündlich bis 3000 Wärmeeinheiten, die Gesamtheizfläche findet man daher empirisch durch die Formel

$$F = \frac{2{,}6\ W_a}{3000}.$$

Die Heizfläche des auf Taf. 25 dargestellten Apparates wird vom Fabrikanten zu 30 qm angegeben, wobei die mit Chamotteausfütterung versehenen Heizflächen und der Rauchkasten nur mit der halben äußern Fläche in Ansatz gebracht sind.

Die Heizkanäle haben folgende Abmessungen:

im Erdgeschoß	0,38 × 0,60
„ I. Stockwerk	0,38 × 0,40
„ II. „	0,38 × 040.[1])

Beheizungskosten. Für Klassengrößen von 8,5 m Länge, 6,25 m Tiefe und 4 m Höhe werden täglich bei 8 stündigem Betriebe der Ventilation 1/3 hl Mischkohle (halb Braun-, halb Steinkohle) verbraucht. Die Zeit zum Anheizen beträgt bei einer Außentemperatur von 0° C. zwei Stunden, und nach Unterbrechungen — z. B. Montags — mehr.

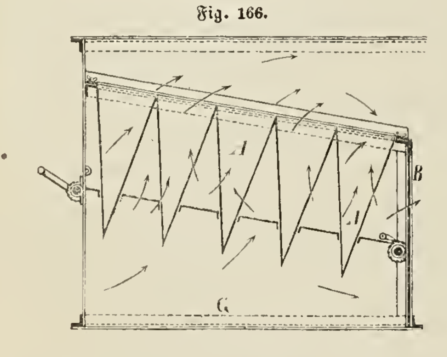
§ 47.

Luftfilter-Anlagen.

Das auf Taf. 28 im Durchschnitt dargestellte Luftfilter besteht aus einem mit Drahtgeflecht überspannten Holzrahmen, über welchem ein dicht gewebter Baumwollstoff gedeckt ist. In dem letzteren werden grobe Staubpartikel und kleine Insekten zurückgehalten, während das Eindringen von Vögeln schon durch das äußere Drahtgitter der Einströmungsöffnung verhindert wird. — Wirksam ist das Anfeuchten des Filter-Gewebes, insbesondere bei trockner, stark bewegter Luft.

Verbesserte Luftfilter-Anlagen liefert K. Möller in Kupferhammer bei Brackwede; es soll dadurch in kleinem Raume eine möglichst große Filterfläche geschaffen werden. (Vgl. D. R.-P. Klasse 12, Nr. 26 663 v. 28. August 1883.)

Fig. 166.



Wie aus Fig. 166 zu entnehmen, ist der Filterstoff A innerhalb des Gehäuses G in mehreren Abteilungen in Taschenform angeordnet und diese werden durch eine Spannvorrichtung, welche mit Handkurbel betrieben und durch ein Sperrwerk festgehalten wird, in bestimmtem Abstande von einander gehalten. Die Klappe B besteht aus demselben Stoff, wie das übrige Filter und die zu reinigende Luft durchzieht das Filter in der Richtung der Pfeile.

1) Wegen der kalten Decken im II. Stockwerk sind die Kanalquerschnitte gleich denjenigen des I. Stockwerks ausgeführt, obwohl sie theoretisch kleinere Abmessungen erhalten könnten.

Da die Trockenfilter sich nach längerem Betriebe mit Staub versetzen, so müssen sie auch gereinigt werden.

Fig. 167. Grundriß.

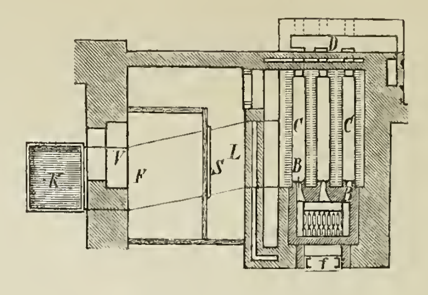
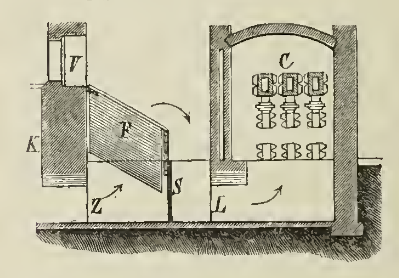
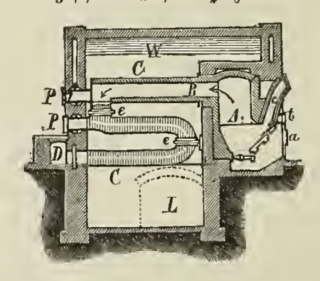


Fig. 168. Querschnitt.



In den Fig. 167—169 ist die Anlage eines Luftschachtes K' mit Luftfilter F und Luftheizkammer im Zusammenhange dargestellt. Der Luftschacht K' ist äußerlich

Fig. 169.
Längsschnitt durch die Heizkammer.



vor der Frontwand massiv aufgeführt[1]) und mit Eisenstäben vergittert. Aus diesem Teile tritt die frische Luft in den horizontalen Kanal Z und sodann in die Taschen des 2,00

1) Dr. Ferd. Fischer, „Feuerungs-Anlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke", bemerkt auf Seite 71 mit Recht, daß dieser gemauerte Schacht hätte erspart werden können, da die Luft ebensogut durch das Fenster V, Fig. 168, eingeleitet werden kann.

Dr. Ferd. Fischer bestätigt, daß sich innerhalb dreier Jahre nicht der geringste störende Einfluß auf die Luftzufuhr bemerkbar gemacht habe. Das Baumwollgewebe hält Staub und Ruß zurück und erfüllt daher seinen Zweck vollkommen. Er bemerkt ferner: daß sich in dem Raume unter dem Filter zu Beginn der ersten Heizperiode viele Tausende kleiner Fliegen und Mücken geflüchtet hatten, durch das Filter aber gehindert wurden, in die Heizkammer zu gelangen resp. an den eisernen Heizrohren zu versengen und dadurch die Zimmerluft zu verderben.

langen Filters ein. Dieselben sind 1,5 m breit und 0,85 m hoch; bei 20 Taschen ergiebt sich somit eine Gesamt-Filterfläche von rund 50 qm für den stündlichen Consum von 2000—3000 cbm. — Die staubfreie Luft tritt nun durch den Kanal L in die Heizkammer und erwärmt sich dort an den Röhren C, um in bekannter Weise in sechs gemauerten Warmluftkanälen aufzusteigen. Die Kohlen werden durch den Füllschacht f (Fig. 167) eingeworfen; die Thüre a regelt die Luftzufuhr zum Rost.

§ 48.

Kanalheizung.

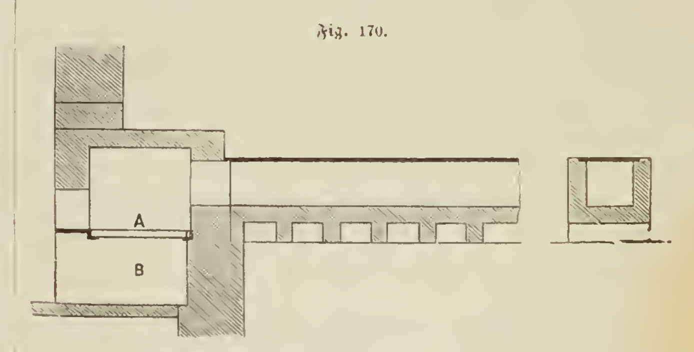
Diese Heizmethode war schon bei den Römern der Kaiserzeit, namentlich zur Erwärmung in den Thermen sehr gebräuchlich, und die Chinesen verwenden sie noch heute mit Vorliebe, da sie meist Räume zu ebener Erde bewohnen. Für unsere Verhältnisse findet die Kanalheizung da Anwendung, wo man die Verbrennungsgase in Kanälen oder Röhren unter oder über dem Fußboden cirkulieren lassen kann, so daß sich an dem einen Ende der Kanäle der Feuerherd, an dem anderen der Schornstein befindet. Hierbei wird das Brennmaterial in einem Ofen verbrannt, dessen Rost in angemessener Tiefe unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes sich befindet; ersterer wird von einem zu diesem Zweck angelegten, überwölbten Heizraume aus bedient. Die Verbrennungsprodukte strömen nun vom Feuerraume aus in den sogenannten Feuergängen mit geringer Steigung nach dem Schornstein, wobei die aus dem Brennmaterial aufgenommene Wärme durch die erhitzten Wandungen der Feuergänge an die Luft des zu heizenden Lokals direkt übertragen wird. — Hiernach kann die Kanalheizung wegen der Art der Wärmeübertragung zu den Lokalheizungen, wegen Anlage und Konstruktion des Feuerherdes zu den Centralheizungen gerechnet werden. Bei den neueren Kanalheizungen ist stets eine Luftkammer zugefügt, welche den Feuerraum umschließt und vor Abkühlung schützt. Indem man die kalte Luft vom Fußboden des Lokales in Kanälen abwärts zur Heizkammer führt und erwärmt in dasselbe zurückleitet, wird eine Cirkulation hervorgerufen, wie wir solche bei der Luftheizung kennen gelernt haben. Dieser Umstand rechtfertigt die Besprechung der hierher gehörigen Heizungen an dieser Stelle, d. h. nach den Luftheizungsanlagen.

Mit Rücksicht auf Feuersgefahr sind Fußböden von Holz hier ganz ausgeschlossen und deshalb findet in unseren Wohnhäusern die Kanalheizung nicht leicht Anwendung. Dagegen wird sie mit Vorteil zur Erwärmung von Treibhäusern, Orangeriegebäuden, Trockenräumen, Werkstätten und neuerdings häufiger zur Heizung von Kirchen gebraucht. Auch vorhandene Kirchengebäude lassen sich ohne nennenswerte Schwierigkeiten mit derartigen Heizeinrichtungen versehen, wie das auf Taf. 29 und 30 dargestellte Beispiel zeigt.

Bei kleineren und einfacheren Anlagen, namentlich in Gewächshäusern, bildet man die Feuergänge oder Kanäle aus Mauersteinen oder Kacheln. Im ersteren Falle macht man die Höhe des Feuerganges nicht geringer als 25 cm und die Weite desselben gleich der Höhe. Die Sohle des Kanals wird aus flachen Mauersteinen hergestellt; sie ruht auf Steinunterlagen, so daß dadurch möglichst viel Heizfläche gewonnen wird. Die Seiten des Kanals werden aus hochkantig gestellten Mauersteinen, die Decke aus doppelten Dachsteinen in Lehmmörtel hergestellt.

Sollen die Kanäle aus Kacheln gefertigt werden, so erhalten sie eine Höhe im Lichten gleich der Kachelhöhe (23 cm). Die Kacheln werden mit Dachsteinen ausgefüttert und mit Klammern geankert. Zur Abdeckung verwendet man die Spiegel der Kacheln oder geformte Thonplatten, auch wohl gußeiserne Falzplatten (Fig. 170).

Fig. 170.



Ein besonderes Grundmauerwerk ist für die Feuergänge nicht nötig, vielmehr genügt ein Pflaster von Ziegeln über einer gut gestampften Erdschüttung.

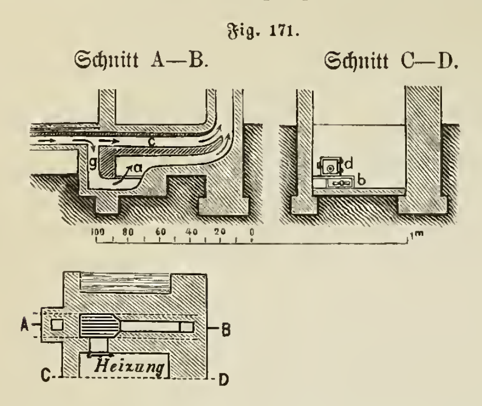
Die Länge der Feuergänge darf, wenn ihr Querschnitt nicht unter 450—500 qcm beträgt, bis zu 36 und 40 m ausgedehnt werden, wobei man ihnen zur Erzielung eines guten Zuges eine Steigung von mindestens 1 : 50 geben soll. Die Höhe des Schornsteins macht man erfahrungsmäßig nicht unter $\frac{1}{3}$ der Länge der Züge. Müssen die Feuerzüge größere Länge erhalten, oder kann man ihnen nicht genügende Steigung geben, so bringt man ein sogenanntes Lockfeuer an, d. h. man lege nahe der Einmündung des Kanals in den Schornstein einen Rost an und entzündet auf diesem ein Feuer, wodurch Luftverdünnung im Schornsteine, also eine aufwärts gehende Luftströmung hervorgerufen und in diese die kalte, stagnierende Kanalluft hineingezogen wird.

Eine derartige Feuerung wurde im **Orangerieschlosse zu Kassel** durch den Rektor W. Meyer ausgeführt.[1]

1) Katalog der Spezialausstellung zu Kassel.

Diese Einrichtung ist in Fig. 171 im Grundrisse und in zwei Durchschnitten dargestellt. Wegen des hohen Grundwasserstandes konnten die Kanäle eines jeden Systems von 38 m Länge nur 8 mm Steigung pro lfd. Meter erhalten.

Fig. 171.



Um nun den erforderlichen Zug hervorzubringen, ist umstehende Einrichtung getroffen. Sobald das Lockfeuer auf dem Roste a entzündet ist, wird die Kanalzunge oberhalb des Rostes und dadurch die Luft im Kanal c erwärmt und zum Aufsteigen in den Schornstein genötigt. Sobald das Feuer auf dem Roste gehörig brennt, kann der Zug im Kanal durch Schließen des Aschenloches b noch bedeutend vermehrt werden, weil alsdann das Lockfeuer die für den Verbrennungsprozeß erforderliche Luftmenge aus dem Kanal c durch den Verbindungskanal g bezieht. Wird das Lockfeuer gleichzeitig mit dem Hauptfeuer unterhalten, so gelangen die Verbrennungsgase hier zur vollständigen Verbrennung.

Statt der gemauerten Kanäle verwendet man jetzt für Kanalheizungen häufig runde oder ovale Röhren von gebranntem Thon oder Eisen. Diese sind mit Muffenverbindung versehen und die Dichtung der Muffe wird durch eine Mischung von gleichen Teilen Thon und Chamottemehl bewirkt. Dabei erhalten die Rohre eine geringe Steigung nach dem Schornstein hin und werden auf massive Unterlagen so verlegt, daß die Längenausdehnung des Röhrenzuges frei erfolgen kann. Zum Zweck der Reinigung versieht man sie mit Deckeln, welche für gewöhnlich in Lehm gedichtet werden.

Der Feuerraum. Derselbe ist bei einfacheren Anlagen von Ziegeln in Lehmmörtel aufgeführt, wie Fig. 170, mit Rost A und Aschenfall B versehen und dann entweder ½ Stein stark mit feuerfesten Steinen überwölbt oder zwischen Eisenschienen mit Chamotteplatten abgedeckt. In anderen Fällen ist der Feuerraum aus eisernen Platten verschraubt und mit feuerfesten Steinen ausgefüttert; seine Länge schwankt zwischen 0,75 und 1 m bei 0,5—0,6 m Breite und 0,70—0,75 m Höhe. — Ist die Anlage der Heizung von größerer Ausdehnung, so erhalten Feuerraum und Kanäle dem entsprechend größere Dimensionen. Den Heizröhren giebt man dann häufig bedeutenden Durchmesser bei großer Länge [1]) des Feuerganges. Die Kanäle werden in den Wandungen mindestens ½ Stein stark ausgeführt und ebenso stark überwölbt, auch von dem umgebenden Erdreich durch Isolierwände getrennt, d. h. vor Wärmeverlust geschützt. Liegen die Kanäle über der Erde, so fällt diese Vorsichtsmaßregel fort.

Als Beispiel geben wir die Heizanlage der Kirche zu Templin (Regierungsbezirk Potsdam). Dieselbe ist auf Taf. 30 im Grundriß und auf Taf. 31 im Längenschnitt dargestellt. Die Ausführung wurde der Fabrik von **Remy & Reifenrath zu Herborn** in Hessen-Nassau nach deren Entwurf übertragen; und die Anlage hat sich durchaus bewährt.

Der zu erwärmende Kirchenraum hat eine Lichtweite von 22,2 m und 36,6 m Länge bis zum Schluß des Chorpolygons. Bis zur Balkenunterkante ist das Mittelschiff 17 m hoch; die Decke des Seitenschiffes liegt ca. 0,30 m tiefer als diejenige des Mittelschiffes. Zur Herrichtung eines angemessenen Heizraumes wurde der nördliche Chorumgang unterkellert und mit einer äußeren Eingangsthür versehen. Dieser Vorraum ist im Lichten 2,5 m hoch. Der eigentliche Heizraum liegt noch 5 Stufen tiefer, so daß die ganze Höhe vom Pflaster des Heizraumes bis zum Kirchenpflaster 4 m absorbiert.

Der Heizapparat ist für Coaksfeuerung hergerichtet und zu dem Zwecke mit doppelten, ovalen Fülltrichtern v v versehen, welche die gußeiserne Stirnwand durchdringen. In dieser Wand befindet sich auch eine Reinigungskapsel mit Thürverschluß, eine drehbare Schlackenthür und die zweiflügelige Aschenfallthür. Mit der gußeisernen 2 cm dicken Stirnwand ist ein 80 cm über dem Pflaster liegender gußeiserner Rahmen, welcher die Sohlplatte vertritt und zur Aufnahme der Roststäbe dient, verschraubt; sein hinteres Ende ruht auf der massiven Stützwand der Feuerbrücke. Rechtwinkelig zur Stirnwand setzen die gußeisernen Seitenplatten an, sind mit derselben fest verschraubt und falzähnlich verbunden. Endlich schließt die schräg ansteigende eiserne Rückwand den Feuerraum ab.

Um das Erglühen der Eisenplatten zu vermeiden, ist der Feuerraum 12 cm stark mit Chamottesteinen ausgefüttert und mit einem dergleichen Gewölbe nach der Korblinie überdeckt. Für gehörige Verankerung der Seitenplatten und der Stirnwand ist Sorge getragen.

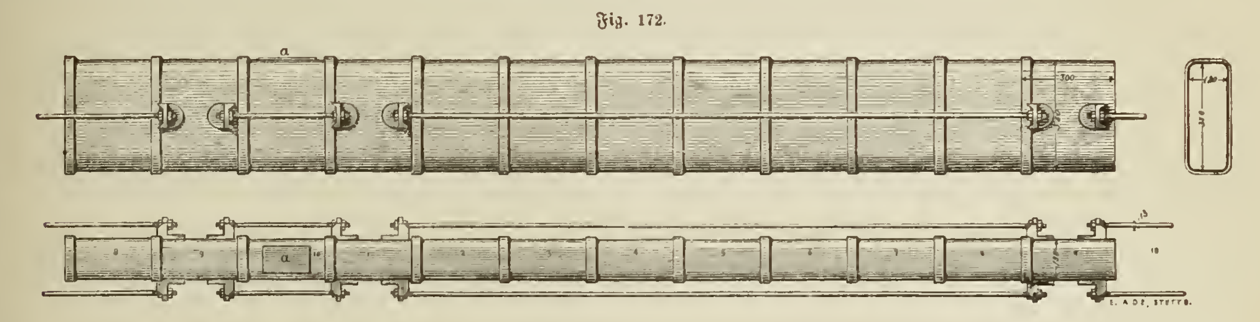
Infolge der hohen Anordnung des Feuerraumes —

1) In dem Werkstattgebäude der Aktiengesellschaft für Holzarbeit zu Berlin ist von dem Heizofen aus ein 0,60 m weites gußeisernes Rohr in einem Kanal unter dem Fußboden gerade durch die Werkstatt in den Schornstein geführt und hat hier eine Länge von ca. 70 m erhalten. Die vom Brennmaterial entwickelte Wärme steigt von dem im Kanal frei aufgehängten Rohre durch die gußeiserne, gitterartige Kanalbedeckung in die Werkstatt ein.

der Scheitel des Gewölbes liegt 1,78 m über dem Rost — wird hohe Schichtung des Brennmaterials ermöglicht und das Bersten des Gewölbes vermieden. Dicht unter dem Gewölbescheitel spalten sich die Feuergase und treten bei z im Grundriß in einen mittleren und zwei seitliche massive Feuergänge von je 1500 qcm Querschnitt ein. Die 12 cm starken Wandungen dieser Kanäle sind auf 5 m Länge in Chamotte hergestellt, doch dürften (wegen der starken Wirkung der Stichflamme) ein Stein starke Wandungen hier nicht unpassend sein. Der übrige Teil des gemauerten Kanals ist in gewöhnlichen Ziegeln hergestellt und erst in 10 m Abstand vom Feuerraume beginnt der eiserne Röhrenstrang.

Diese Rohre sind oblong im Querschnitt, ungewöhnlich schwach in den Wandungen und werden deshalb nur in Längen von 28 cm gegossen. Jedes zehnte Rohr ist ein Reinigungsrohr, d. h. nach Fig. 172 mit Öffnung und Reinigungsdeckel versehen. Jedes System von neun Rohren wird in nebenstehender Art in der Längsrichtung durch Schraubenbolzen zusammengehalten, um die Rohrstränge gegen die deformierende Wirkung einer starken und andauernden Erhitzung zu sichern.

Fig. 172.



Auf Taf. 30 in den Fig. 2—6 ist die Konstruktion der Feuergänge detailliert dargestellt.

Die größte Länge der seitlichen Feuergänge beträgt 40 m bis zur Einmündung in den Schornstein. Letzterer ist an der Nordostecke aus dem alten Mauerwerk des Thurmes ausgestemmt worden; er hat 38/48 cm Lichtweite und 29 m Höhe, d. h. etwa $^3/_4$ der Länge der Feuerkanäle zur Höhe erhalten. Zur Anwärmung desselben bei Beginn der Heizung dient ein neben dem Schornsteine errichteter Lockherd.

Die Erwärmung der Kirche geschieht nun in folgender Weise:

1) Unterhalb der Sitzbänke sind alternierend zu beiden Seiten der Feuergänge quadratische Öffnungen a a von 0,25 m Lichtweite im Fußboden angelegt. Durch diese sinkt die kalte Luft abwärts (Taf. 29 und Taf. 30, Fig. 2), gelangt in den Bereich der eisernen Heizröhren, und — nachdem sie sich an deren Wandungen erwärmt hat — strömt sie durch die Gitterplatten, mit denen die Kanalöffnung überdeckt ist, aus. In ähnlicher Weise werden die beiden Luftschächte c c an der Nord- und Südfront benutzt.

2) Die vergitterten Öffnungen b b im Chor führen die kalte Luft vom Fußboden abwärts in den Isolierraum des Kanals (Taf. 29 und Taf. 30, Fig. 6); erwärmt strömt sie durch die Gitter H H wieder nach oben.

3) Endlich gelangt durch die Fallschächte d d ein Teil der Luft abwärts, strömt bei C D (Fig. 1, Taf. 30) in der Richtung des Pfeiles zur Heizkammer, nimmt dort Wärme auf und tritt — in der Richtung des oberen Pfeiles aufsteigend — durch 2 große Gitter bei E und F erwärmt in den Kirchenraum zurück. Die Sakristei an der Nordseite wird auf ähnliche Weise erwärmt. Die Richtung der ab- und zuströmenden Luft ist durch Pfeile angedeutet.

Der garantierte Effekt nämlich: in der Kirche eine Temperatur von + 10° R. selbst bei starker Kälte herzustellen, wurde mit verhältnismäßig nicht zu hohem Brennmaterialverbrauch erreicht. Es wurden gebraucht für jede Heizung 1,5—2 hl Coaks.

Ein anschauliches Bild der Temperaturverhältnisse giebt der Verlauf einer nach demselben System hergerichteten Kirchenbeheizung.

Beim Beginn der Heizung, am Sonntag früh 4 Uhr, betrug die äußere Temperatur — 5° R., die innere Temperatur + 3° R. Schluß der Heizung: 9 Uhr morgens.

	Früh 4 Uhr	5 Uhr	6 Uhr	7 Uhr	8 Uhr	9 Uhr	Zeitaufwand
Temperat. der Kirche	3° R.	$4^3/_4$°	$7^3/_4$°	$9^1/_4$°	$10^1/_2$°	12° R.	5 Stunden
Temp.-Zunahme		$1^3/_4$°	3°	$1^1/_2$°	$1^1/_4$°	$1^1/_2$° R.	

Temperatur der Luftschichten (früh 9 Uhr).

1,55 m über dem Fußboden der Kirche + 12° R.
1,25 m „ „ „ „ „ + $11^1/_2$° R.
Am Podium der Kirchenstühle . . . . $11^1/_4$° R.
Zweite Empore . . . . $10^3/_4$° R.

Über Nachhaltigkeit der Wärme geben folgende Zahlen Aufschluß:

Sonntag 9 Uhr früh.	4 Uhr Nachmittag.	Montag 9 Uhr Vormittag.
+ 12° R.	+ 10° R.	+ 7° R.

Bestimmung der Heizfläche bei Kanalheizungen.

Bisher sind von den Konstrukteuren nur empirische Sätze zu Grunde gelegt worden, da es in der That schwierig ist, Formeln zum allgemeinen Gebrauch aufzustellen. In der Regel ist zuvörderst zu entscheiden, ob die Kirche nach Maßgabe ihrer Dimensionen durch ein oder zwei Systeme geheizt werden soll, d. h. ein oder zwei Öfen nötig werden, welche dann zu den entgegengesetzten Seiten der Kirchen anzubringen sind.

Da die eisernen Heizröhren nur in die Gänge der Kirche gelegt werden können, muß man dahin streben, einen Überschuß an Heizfläche zu erhalten, schon deshalb, weil diese Heizung nur mit wöchentlicher Intermittenz erfolgt und die Erwärmung gewöhnlich in 6—8 Stunden bewirkt werden muß.

Als Wärme abgebende Heizflächen sind nur der Heizofen und die eisernen Heizröhren zu betrachten, da die gemauerten Kanäle gewöhnlich nur als geschlossene Leitungskanäle für die Verbrennungsprodukte dienen. In unserem Beispiele sind dieselben ummantelt und daher als massive Heizflächen in Betracht zu ziehen. Erfahrungsmäßig sind zu rechnen:

auf 100 cbm Raum 0,20—0,37 qm Fläche des Heizofens,
„ 100 „ „ 0,66—0,93 „ „ der gußeisernen Röhren; die niedrigeren Zahlen stellen Resultate aus den größten Kirchen dar. — Ein laufender Meter Heizrohr von ovalem Querschnitt hat rot. = 9,90 qm Heizfläche.

Für ältere Kirchen wird eine eigentliche Transmissionsberechnung nie aufgestellt, weil die Beschaffenheit der Wände, Fenster und Decken und das häufige Öffnen der Thüren von wesentlichem Einflusse auf den Wärmeverlust sind, so daß eine theoretische Ermittelung der Transmission doch sehr unsichere Resultate liefert. Sind Thüren, Fenster und Decken dagegen sehr dicht, auch Vorhallen und Windfänge vorhanden, so kann der stündliche Wärmeverlust annähernd nach den im dritten Abschnitt vorgetragenen Grundsätzen ermittelt und daraus die Heizfläche theoretisch abgeleitet werden, wobei wegen der wöchentlichen Intermittenz der Erfahrungs-Koeffizient $\varphi = 2{,}0$ in Anwendung zu bringen ist.

Heizkosten. Sie belaufen sich für wöchentlich einmalige Heizung im Durchschnitt auf 10 Pfennige für 100 cbm zu heizenden Raum, womit man auch bei kleineren Kirchen auskommt.

Anlagekosten. Die Firma Remy & Reifenrath liefert Heizöfen in zwei Größen, nämlich zwei Preise von 750 und 1000 Mark.

Der Preis der Heizröhren inkl. Fracht, Aufstellung, Verschraubung &c. stellt sich pro lfd. Meter auf 12—15 Mark,
der Preis der Gitterplatten pro Meter „ 9—11 „

Die Erd- und Maurerarbeiten betragen nach bisherigen Erfahrungssätzen annähernd soviel als die eisernen Apparate.

Auf den Quadratmeter der innern Grundfläche reduziert betragen die Anlagekosten zwischen 3,0—3,5 Mark, wobei auch die Maurerarbeiten mit eingeschlossen sind. Im übrigen lassen sich die Kanalheizungen den kleinsten wie den größten Lokalitäten anpassen. Als Beispiele dafür nennen wir einige mit Kanalheizung versehene neuere Kirchen Leipzigs:

die Nikolaikirche	(1867 angelegt)	mit 18200 cbm	Raum,
„ Thomaskirche	(1868 „)	„ 22800 „	„
„ Johanniskirche	(1868 „)	„ 3500 „	„
„ Neue Kirche	(1869 „)	„ 11400 „	„

Resumé. Das vervollkommnete System der Kanalheizung bietet mancherlei Vorzüge für die Erwärmung langgestreckter und hoher Kirchenräume, nämlich:

1) Die vorzugsweise Erwärmung der Luftschichten dicht über dem Fußboden infolge Einleitung einer Luftcirkulation im unteren Raume.

2) Geringes Erfordernis an Brennstoff, wegen hoher Ausnutzung des Brennmaterials in langgestreckten Feuerzügen.

3) Nachhaltigkeit der Wärme in der Ziegelmasse.

4) Dauerhaftigkeit, da die Anlage geschützt im Boden liegt.

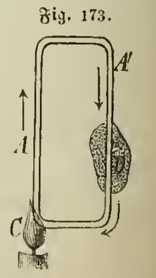
5) Verhältnismäßig geringer Kostenaufwand für die erste Anlage und wenig Reparaturen.

B. Die Wasserheizung.

§ 49.

Wird in einer geschlossenen, mit Wasser gefüllten Glasröhre A A' eine Stelle C der untern Biegung erwärmt, so wird das Wasser in der Röhre durch die Wirkung der Wärme ausgedehnt und steigt in A aufwärts, während kälteres Wasser in dem Schenkel A' abwärts fällt, d. h. es entsteht Cirkulation in der Richtung der Pfeile. Die Cirkulation hört allmählich auf, wenn die Temperatur des Wassers in beiden Schenkeln nahezu die gleiche geworden ist. Hält man aber einen in kaltes Wasser getauchten Schwamm D gegen das Röhrenstück A', in welchem der Strom niedergeht, so wird die Cirkulation wieder lebhafter und dauert fort, so lange die Flamme erwärmend und der Schwamm abkühlend wirkt.

Fig. 173.



Man kann denselben Vorgang im großen Maßstabe hervorbringen, wenn man das Wasser in einem spiralförmig gebogenen Rohre, welches in einem Ofen eingesetzt ist, erwärmt, und wenn der übrige Teil der Rohrleitung in Räume gelegt ist, die eine niedrigere Temperatur haben und durch die Röhren erwärmt werden sollen. Auch hier entsteht eine Cirkulation des Wassers in dem in sich selbst zurückkehrenden Rohre, nur vertritt die Ofenheizung die Flamme des vorhergehenden Versuches und die kalte Luft der Räume ersetzt den abkühlenden Schwamm. Das Wasser verläßt die Schlangenröhre, von deren höchstem Punkt ausgehend, mit hoher Temperatur, cirkuliert durch die außerhalb des Ofens liegende Rohrleitung, wird hier durch Wärmeabgabe an die umgebenden Mauern abgekühlt und kehrt zum tiefsten Punkte der Spirale zurück, um neuerdings erwärmt zu werden und eine weitere Cirkulation zu beginnen.

Auf diesem Prinzip beruhen die Wasser-Cirkulations-Heizungen, welche gegenwärtig nach drei bis vier verschiedenen Systemen ausgeführt werden, deren wesentlichstes Unterscheidungsmerkmal der in den Leitungen herrschende Druck, resp. die dem Druck entsprechende Temperatur des Wassers ist.

Ursprünglich existierten nur die Niederdruck- und die Hochdruckheizung als Extreme. Bei ersterer wird das Wasser höchstens bis zum Siedepunkt erwärmt; bei letzterer fand ursprünglich eine Erwärmung über 200° C. hinaus statt. Um aber die Vorteile beider Systeme möglichst zu verbinden und die aus der hohen Erwärmung resultierenden Nachteile zu beseitigen, entstanden die sogenannten Mitteldruckheizungen, bei welchen der Siedepunkt des Wassers zwar überschritten, aber höchstens eine Temperatur von 125—150° C. erreicht wird.

Nach der für die Erwärmung innegehaltenen Grenze kann man nun folgende vier Systeme unterscheiden:

Warmwasser-Heizung
- mit Niederdruck. Erwärmung unter dem Siedepunkte,
- mit Mitteldruck. Erwärmung über dem Siedepunkte, aber höchstens bis 130° C.,

Heißwasser-Heizung
- mit Mitteldruck. Erwärmung bis 150° C.,
- mit Hochdruck. Erwärmung über 150°, aber höchstens bis 200° C.

Geschichtliches.

Der Gebrauch, mittels des heißen Wassers eine künstliche Wärme zu verbreiten, war schon den Römern des Altertums bekannt, denn sie machten davon Anwendung bei ihren Warm- und Schwitzbädern. Die Bäder des Caracalla, Titus, Diocletian besaßen nach Vitruv's Zeugnis eigene Vorrichtungen zur Heizung und zur Leitung heißen Wassers in die Reservoire. Aber höchst wahrscheinlich wendeten die Römer zu letztgenanntem Zweck nur mechanische Mittel an, weil ihnen die Cirkulation des erwärmten Wassers nicht bekannt war. Erst im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts erhielt diese Heizmethode eine rationelle Verwendung.

Die Grundsätze der Heizung durch Wassercirkulation machte Bonnemain im Jahre 1777 der Akademie der Wissenschaften zu Paris bekannt. Sein Apparat diente zur Hervorbringung konstanter Temperaturen in einem künstlichen Brütherde und ist derselbe für die Zeit seines Entstehens höchst bemerkenswert[1]), denn er enthält bereits alle Prinzipien unseres modernen Apparates. Seine Bemühungen um Vervollkommnung des Systemes und um Regulierung des Temperaturgrades kamen indessen weniger ihm als seinen Nachfolgern zu statten.

Die Methode wurde erweitert und durch den Marquis v. Chabannes zur Beheizung von Gebäuden angewendet, diesem auch im Jahre 1818 in England patentiert.[2]) Sie beruht im wesentlichen auf Bonnemain's Ideen, welche teils durch diesen, teils durch andere Gelehrte vervollkommnet worden waren.

Auch der von Baco und Atkinson in England um 1822 angegebene Wasserheizapparat war nur eine Modifikation des Verfahrens von Bonnemain; der einzige Unterschied bestand darin, daß Bonnemain sehr enge Röhren, der Architekt Atkinson dagegen solche von 0,12 bis 0,15 m Durchmesser verwendete und daß dieser eine zweite Röhre hinzufügte, wodurch der Apparat im allgemeinen die Form erhielt, welche er bis auf unsere Tage beibehalten hat. Alle neueren Fortschritte beruhen im wesentlichen auf Vervollkommnung der Details.

Ein zeitgenössisches Werk, welches die einschlägigen Fragen im Zusammenhang behandelt, war das Tredgold'sche[3]): „Grundsätze der Kunst, Gebäude zu heizen und zu lüften" (in der französischen Übersetzung 1825). Ihm folgte 1855 Charles Hood in London mit einer praktischen Abhandlung über die Heizung der Gebäude durch warmes Wasser. Gleichzeitig erschien das Werk von Richardson: Popular Treatise on the Warming. Die darin sehr detailliert beschriebenen Dispositionen sind in Frankreich durch Leon Duvoir[4]) — der eine Anzahl Patente auf Einrichtungen an den Warmwasserheizungen

1) Abgebildet bei: Péclet, Traité de la chaleur. Tome II, Fig. 447.

2) Abbild. bei: Ch. Joly, Traité pratique du chauffage. Paris 1873 (p. 180). — Vgl. auch: Marquis de Chabannes, On conducting air by forced ventilation. London 1818.

3) Th. Tredgold, The principles of warming and ventilating buildings. London 1825 u. 1836.

4) Seine Einrichtungen für das Hospital Lariboisière sind besprochen in dem Abschnitt „Ventilation".

genommen hat — und durch d'Hamelincourt zur Ausführung gebracht worden, und zwar nach Péclet's Ausspruch „ohne irgend welche wesentliche Verbesserung am System oder an den Apparaten“.

Die Vervollkommnung und Ausbildung des Systems der Hochdruckheizung ist dagegen dem englischen Ingenieur Perkins zuzuschreiben. Er erhielt darauf ein Patent[1]) „für Verbesserung an dem Apparate zur Heizung von Gebäuden und Erhitzung von Metallen“ und seit jener Zeit hat die Perkins'sche Methode in England die ausgebreitetste Anwendung gefunden. — In Deutschland ist die Hochdruckheizung erst seit ca. 30 Jahren allgemeiner eingeführt; die Firmen J. L. Bacon in Berlin und J. Haag in Augsburg haben sich nicht unbedeutende Verdienste um die Verbreitung und Verbesserung des Systems erworben.

Die neueste Zeit endlich hat nicht eben andere Systeme gezeitigt, aber das Vorhandene ist wissenschaftlicher durchgebildet und dadurch der Vollendung näher geführt worden. Die gegenwärtig gebräuchlichen Methoden sind in der nachstehenden Übersicht enthalten.

Allgemeine Übersicht der verschiedenen Systeme der Wasserheizung.

I. **Das Niederdrucksystem.** Der Heizapparat besteht aus einem Kessel, welcher — im Gegensatze zu den Dampfkesseln — vollständig mit Wasser gefüllt ist. Das Wasser soll hier nämlich nicht verdampft, sondern zum Zweck der Cirkulation höchstens bis zu 95° C.[2]) erhitzt werden: das System ist daher ein offenes. Vom höchsten Punkte des Heizapparates geht ein vertikales Rohr, das Steigerohr, ab, das hoch über dem ganzen übrigen Apparat in einem offenen cylindrischen Gefäße endigt. Letzteres wird Expansionsgefäß genannt, weil es dazu dient, die Ausdehnung der Flüssigkeit und die Entwickelung von Dampfblasen zu gestatten. Vom Steigerohr zweigt sich nach allen denjenigen Punkten, wo Wärme abgegeben werden soll, ein Verteilungsrohr ab, welches die Wasserzufuhr vermittelt. In den zu heizenden Lokalen stellt man gewöhnlich hohle, mit Wasser gefüllte Heizkörper (sogenannte Wasseröfen) mit möglichst großer Oberfläche auf; sie werden von dem warmen Wasser durchströmt. Die Abzweigungen für den Zufluß münden am obern Ende der Heizkörper ein und das abgekühlte Wasser sinkt nach unten, wo die Rückflußstränge anschließen. — Letztere bilden in ihrer Vereinigung die Rückflußleitung, durch welche das abgekühlte Wasser zum untern Teile des Kessels zurückgeführt wird, und die Wassercirkulation wird so lange stattfinden, als zwischen der Temperatur im Steigerohr und Rücklaufrohr noch eine Differenz stattfindet. Da nun das Wasser mit etwa 40° zum Kessel zurückkehrt, beträgt die nutzbare Temperaturdifferenz = 55° C. Das System enthält erhebliche Wassermengen mit bedeutendem Wärmevorrat, es bleibt also auch dann wirksam, wenn dem Kessel Wärme nicht mehr zugeführt wird, denn so lange das in den Heizkörpern eingeschlossene Wasser sich nicht auf die Temperatur der umgebenden Luft abgekühlt hat, so lange hört die Wärmeabgabe und demnach die Cirkulation nicht auf.

Folgerungen. 1) Das offene Reservoir bestimmt den Charakter der ganzen Anlage und begrenzt deren Leistungsfähigkeit. Eine Steigerung der Wassertemperatur bei starker Winterkälte ist nicht angänglich: es würde Dampfbildung und Überlaufen des Wassers im Reservoir stattfinden: es muß in solchem Falle anhaltender als gewöhnlich geheizt werden. — 2) Zur Erzielung eines Maximaleffektes sind große Heizflächen erforderlich. — 3) Die vollständige Erwärmung der Zimmer tritt erst nach 4 Stunden ein.

II. Die Warmwasserheizung mit **Mitteldruck.** Sie arbeitet nicht mit offenem Reservoir, sondern das Steigerohr ist am höchsten Punkte durch ein Ventil geschlossen. Hierdurch ist man im stande, den in den Leitungen herrschenden Druck auf 3—4 Atmosphären zu steigern. Die höhere Temperatur der Heizkörper gestattet nun bei gleicher Wärmeabgabe kleinere Transmissionsflächen als bei dem System der Niederdruckheizung, wodurch sich die Anlage einfacher und billiger gestaltet. — Freilich wird das Wärme-Reservationsvermögen geringer als im ersten Falle sein, weil die Heizkörper weniger Wasser enthalten.

III. Heißwasserheizung mit **Mittel- und Hochdruck** unterscheiden sich im wesentlichen nur durch den angewendeten Temperaturgrad und die geringere oder höhere Belastung des Expansionsventils; beide Methoden können daher zusammen besprochen werden.

Hier liegt kein Kessel im Ofen, sondern eine aus 34 mm starkem, schmiedeeisernem, gezogenem Rohre gebogene Spirale. Vor dem Gebrauche werden die Rohre mittels einer hydraulischen Vorrichtung auf einen Druck von 140 Atmosphären geprüft. Vom obern Ende der Spirale führt das Rohr bei konstantem Durchmesser nach den zu heizenden Räumen, in denen so viele Meter Rohr angebracht werden, als zur Ausgleichung des Wärmeverlustes nötig sind, sei es in Form einer geraden Leitung, sei es in Form einer Spirale. Die Leitung kehrt dann nach dem Fußpunkte der Ofenspirale zurück, bildet demnach ein Rohr ohne

---

1) Nach dem Repertory of Patent-Inventions, März 1832, datiert sein Patent vom 30. Juli 1831.

2) In Gebäuden von drei oder mehr Geschossen, wo die auf dem Kessel lastende Wassersäule von 12—14 m Höhe einer Spannung von $1^1/_2$ Atmosphäre gleichkommt, tritt das Sieden erst bei höheren Temperaturgraden (etwa 110°) ein, so daß Erhitzung des Kessels bis zu 100° C. stattfinden darf.

Ende. Am höchsten Punkte des Systems ist die Vorrichtung zum Regulieren des Druckes angebracht; diese besteht entweder aus einem Expansionsventil, das in einem Reservoir eingeschlossen ist, oder aus einem schmiedeeisernen Windkessel, d. h. einem Rohre von ca. 8 cm Weite und entsprechender Länge, welches mit Schraubstöpfelverschluß versehen ist und „Expansionsrohr" genannt wird.

Folgerungen. Der geringe Wasserinhalt des Systems gestattet ein schnelles Anheizen (in 2—2½ Stunden) und das hoch erhitzte Wasser erzeugt eine intensive Wirkung. Dagegen ist die Reservationskraft äußerst gering: wie bei den eisernen Öfen so hört auch hier die Wärmeabgabe der Heizrohre kurze Zeit nach dem Erlöschen des Feuers auf. Da die Rohre leicht gebogen und gewendet werden können, erfolgt die Herstellung ohne wesentliche Schwierigkeiten, dem lokalen Bedürfnis entsprechend, dem das System sich leicht anschmiegen läßt.

Nach dieser allgemeinen Übersicht wollen wir uns der speziellen Betrachtung der einzelnen Systeme zuwenden.

A. Die Warmwasserheizung.

§ 50.

Aus den Erläuterungen des vorigen Paragraphen geht hervor, daß als integrierende Teile jeder Niederdruckheizung unterschieden werden:

a) der Wärmerezipient oder der Kessel;
b) die Leitungsröhren;
c) das Expansionsgefäß;
d) die Heizkörper (Öfen, Register).

a) Der Kessel enthält am zweckmäßigsten die Walzen- oder Cylinderform, wobei ein günstiges Verhältnis zwischen dem Wasservolumen und der feuerberührten Fläche ermöglicht wird. — Bei größeren Anlagen kann man — unter gleichzeitiger Verminderung des bedeutenden Wasservolumens — die Heizfläche dadurch vergrößern, daß man den Kessel mit einem durchgehenden Flammrohre versieht. In allen Fällen erhält derselbe am höchsten Punkte des Vorderteiles und am tiefsten Punkte des Hinterhauptes Stutzen angenietet, an welche sich die Zufluß- resp. Rückflußleitung anschließt. Die Feuerung ist bei Flammrohrkesseln, wo es der Raum gestattet, eine „vorgelegte", bei den Walzenkesseln gewöhnlich eine „untergelegte".

Die Figuren 174—177 stellen einen cylindrischen Kessel mit untergelegter Feuerung dar. Die Bewegung der Feuergase geht zunächst über die Feuerbrücke, bespült in

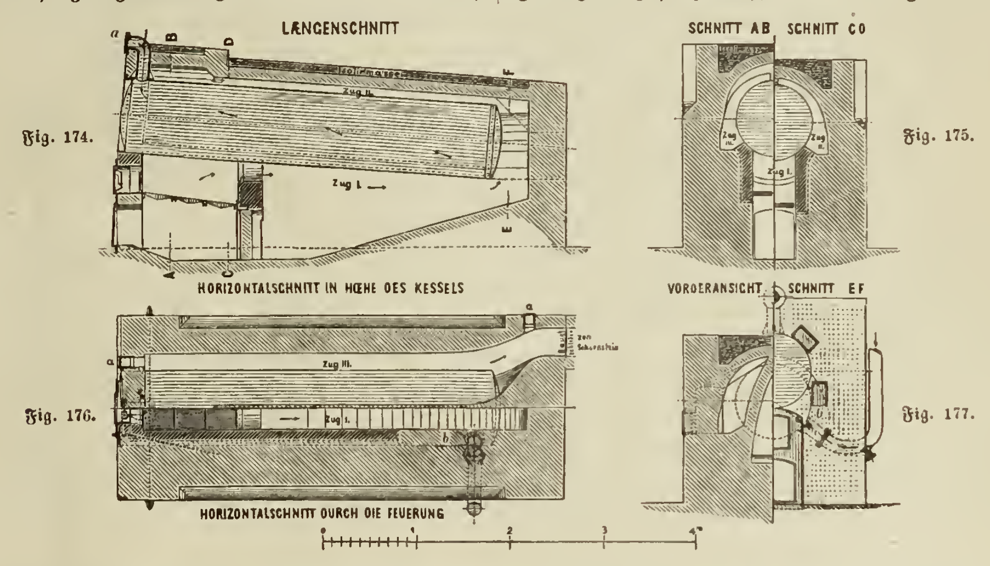


Fig. 174. Fig. 175. Fig. 176. Fig. 177.

Zug I den Kessel unterhalb, tritt am Hinterboden nach oben, bewegt sich in Zug II am Kessel entlang und kehrt endlich in Zug III an der linken Seite zurück, von wo die Verbrennungsprodukte durch den Fuchs zum Schornstein gelangen. Zwischen diesen beiden ist der Rauchschieber eingeschaltet. Zur Reinigung der Züge dienen die Kapseln a, a (Fig. 176). Das Rohr der Rückflußleitung mündet bei b wieder in den Kessel ein; durch einen an seiner tiefsten Stelle angebrachten Hahn kann das ganze System entleert werden. — Starke Wärmeverluste des Kessels werden durch die, über der Decke der Züge II und III angebrachte Leroy'sche Isoliermasse verhindert.

Auf Taf. 32 ist ein Doppelkessel für Wasserheizung dargestellt, welcher sich für größere Anlagen eignet. Die beiden Kessel sind in 20—30 cm Abstand so gelagert, daß der hintere Teil derselben 30—50 mm höher liegt und die Luft bequem durch das Steigerohr a entweichen kann. Das Rückflußrohr b am Vorderboden vermittelt aber in Gemeinschaft mit dem vorgenannten a die Cirkulation des Wassers

mit dem Rohrsystem und den Heizkörpern. Die Feuerthüren sind mit e, der Aschenfall mit f, die Reinigungskapseln für die Züge mit g und die Verankerung des Kessels mit h bezeichnet. Der Rost ist zweiteilig und zum Zweck wechselseitiger Beschickung durch die Zunge c aus Chamottemauerwerk getrennt. Die Feuerbrücke aus demselben Material schließt den Feuerraum ab, der zum großen Teil durch die Kesselwandung mit großer direkter Feuerfläche gebildet wird. Der Gang der Feuergase ist durch Pfeile, die Züge sind durch römische Zahlen bezeichnet; VI ist der Fuchs, er führt zum Schornstein. — Dieser Doppelkessel kann mit Vorteil angewandt werden, wo es sich um eine große, direkte Heizfläche mit bedeutendem Wasserinhalt handelt.

b) Die Zufluß- und Rückfluß-Leitungen der Warmwasserheizungen werden gegenwärtig vielfach aus Schmiedeeisenrohr hergestellt, und zwar geschieht die Verbindung der Rohre bis zu 5 cm aufwärts mit Gewindemuffen und Contremuttern; die 6—15 cm weiten Leitungen werden dagegen aus patentgeschweißtem Rohre mit angelöteten Flanschen hergestellt und verbunden. Weite Rohre fertigt man aus Gußeisen mit Flanschenverschraubung. Auch die für weitere Rohre erforderlichen Abzweigungen werden stets aus Gußeisen hergestellt; wo der Querschnitt sich ändert, pflegt man gußeiserne Reduktionsrohre einzuschalten.

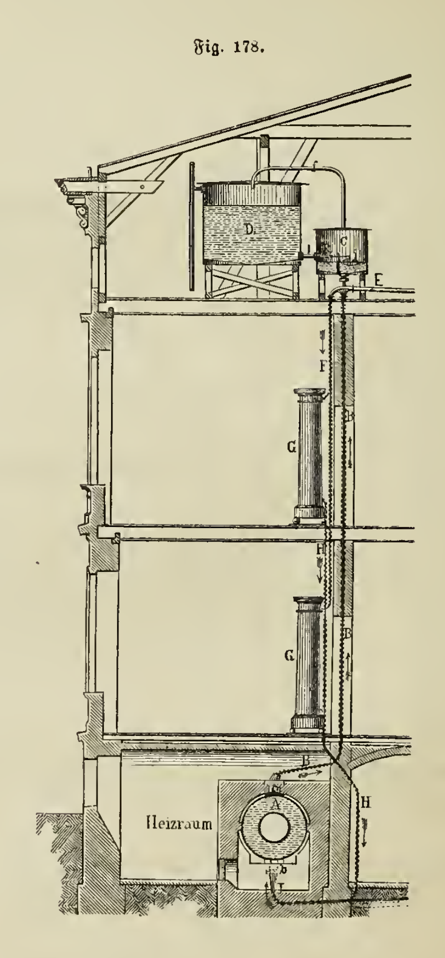
Für Ausdehnung der Leitungen ist dadurch Sorge zu tragen, daß die längeren, horizontalen Strecken auf Rollen gelegt und die Kniee der Rohre von größerem Durchmesser aus Kupfer hergestellt werden. — Überall da, wo die Röhren durch Wände oder Decken geführt werden müssen, ist es vorteilhaft, sie in Blechhülsen von größerem Durchmesser einzusetzen, damit die Ausdehnung und Zusammenziehung der Rohre sich frei vollziehen kann, ohne die Ränder des Putzes zu berühren.

Leitungsrohre, welche nicht zur Wärmeabgabe bestimmt sind, umgiebt man mit schlechten Wärmeleitern, wozu Schlackenwolle, Leroy'sche Patentmasse oder Umwickelung mit Stroh, Lehm, Häcksel und kastenartige Bekleidung von Holz dienen können.

Die Zuführung des Wassers und die daraus resultierende Lage der Zuflußrohre und des Verteilungsrohres kann zwar in verschiedener Weise erfolgen, im allgemeinen lassen sich aber zwei Systeme dabei unterscheiden. In dem einen Falle wird das Verteilungsrohr vom höchsten Punkte des Steigerohrs (dicht unter dem Expansionsgefäß) abgezweigt und über dem Fußboden des Dachgeschosses mit geringem Fall verlegt, und fallen dann die Zuflußrohre vertikal abwärts nach den einzelnen Heizkörpern (Öfen). Im zweiten Falle liegt das Verteilungsrohr unter der Kellerdecke und die Zuflußröhren steigen vertikal aufwärts. Die letztere Einrichtung ist ökonomischer, weil die Wärmeausstrahlung des Verteilungsrohres den Etagen zu statten kommt, die erstere ist dagegen zuverlässiger.

Ein Beispiel der erstgenannten Anordnung ist in Fig. 178 dargestellt. Von dem mit Flammrohr versehenen Kessel A aus geht das Steigerohr B bis zum Dachboden empor und mündet in das Expansionsgefäß. Nicht von diesem — wie früher vielfach geschah —, sondern vom Steigerohr sind ein (oder nach Erfordern mehrere) Verteilungsrohre E abgezweigt, welche durch Zuflußrohre F das Wasser den Zimmeröfen zuführen, wobei für jede Partie

Fig. 178.



übereinander stehender Öfen ein solches Rohr angeordnet ist. Infolge der durch das Kesselfeuer eingeleiteten Cirkulation verdrängt das zuströmende warme Wasser das kältere und dieses kehrt durch die Röhre H in das Rücklaufrohr T zurück. Die Verbindung mit dem Kessel wird durch den Stutzen b bewirkt.

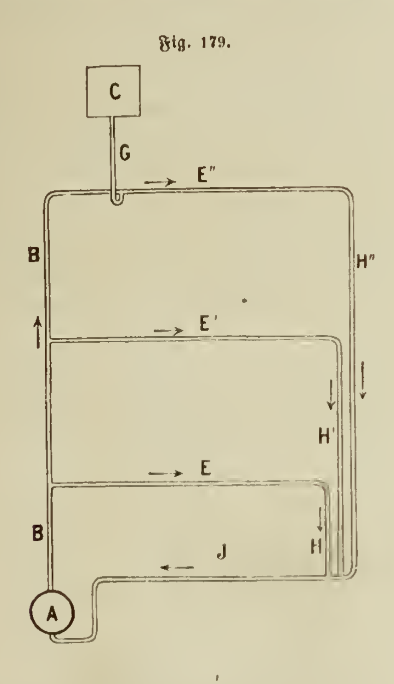
Die Wasserverteilung vom Souterrain her ist dagegen durch Fig. 183 (S. 134) veranschaulicht.

In anderen Fällen geschehen die Abzweigungen auch direkt von einem oder mehreren Steigerohren aus, welche gleichzeitig Zuflußrohre sind, und die Rückflußrohre vereinigen sich in einem Fallrohre, welches das Wasser nach dem Kessel zurückführt.

Eine dritte Anordnung ist die in Fig. 179 gezeichnete. Es ist nur ein Steigerohr (B) vorhanden, von welchem sich die Rohre für jede einzelne Etage (E, E', E'') abzweigen. An das obere Rohr schließt das Heberrohr G an; es stellt die Verbindung mit dem Expansionsgefäß her. Jedes Geschoß hat sein besonderes Rücklaufrohr (H, H', H''), das Sammelrohr J vereinigt dieselben und führt das Wasser zum Kessel A zurück.

Die Rohrleitungen E, E', E'' werden durch die zu heizenden Räume des betreffenden Stockwerkes geführt;

Fig. 179.



in den Zimmern können dann Batterien, Register oder Schlangenrohre in die Leitungen eingeschaltet werden, um die erforderlichen Wärmemengen zu erzeugen. Die „Batterien" können insbesondere Anwendung finden, wo die Aufstellung von Öfen unthunlich erscheint.

c) Die Expansionsvorrichtung befindet sich stets am höchsten Punkte des Systemes und besteht aus einem schmiedeeisernen Reservoir, in welches bei Niederdruckanlagen das Steigerohr B (Fig. 178) frei ausmündet; es wird auf einem hölzernen Bock aufgestellt. Der Wasserstand im Expansionsgefäß muß auf konstanter Höhe gehalten werden, wozu eine selbstthätige Schwimmhebelvorrichtung dient. Wo eine Hauswasserleitung nicht vorhanden ist, da muß, wie in Fig. 178, mit dem Ausdehnungsreservoir C noch ein Kaltwasserreservoir D verbunden werden.

Zur Beobachtung des Niveaus wird am Expansionsgefäß ein „Wasserstandsanzeiger" angebracht, wobei freilich ein zuverlässiger Heizer vorausgesetzt wird, der auch wirklich zur Kontrolle nach dem Boden hinaufsteigt. Sicherer ist es, ein sogenanntes „Signalrohr" anzubringen, welches von dem niedrigsten Wasserspiegel (der auch im kalten Zustande eingehalten werden muß) nach dem Heizraume führt und dort durch einen Hahn verschlossen ist. Dieser Hahn muß immer Wasser geben, und ist dies nicht der Fall, so hat der Heizer die Speisevorrichtung im Kesselraume so lange in Thätigkeit zu setzen, bis wieder Wasser aus dem Signalrohr ausfließt. Gegen Überfüllung ist das Reservoir D geschützt durch ein, nahe dem Deckel angebrachtes, Überlaufrohr; dieses führt ins Freie, gewöhnlich in das nächstliegende Regenabfallrohr.

Damit bei Füllung des Systems die Luft am höchsten Punkte desselben entweichen könne, pflegt man am Deckel des Expansionsgefäßes ein „Luftrohr" anzubringen. — Liegt endlich das Verteilungsrohr im Keller und werden die Öfen von unten her gespeist[1]), so ist jeder Heizkörper, mindestens aber jeder Zuflußstrang, an höchster Stelle mit einem „Lufthahn" zu versehen.

d) Die Heizkörper sind bestimmt, die Wärme da abzugeben, wo sie erfordert wird und bilden den bei weitem wichtigsten Teil der Heizanlage. Ihre Form ist so zu wählen, daß sie eine leichte Überführung der Wärme an die umgebende Luft gestattet; im übrigen ist dabei dem Architekten, namentlich in Bezug auf Reichtum der Dekoration, mannigfacher Spielraum gelassen. — Ein Haupterfordernis ist: absolutes Dichthalten, weil die Heizkörper im Innern der Räume Verwendung finden. Dichtungsmaterialien, wie Hanf und Kitt, sind weniger empfehlenswert als Gummi, und dieser wird von der metallischen Dichtung übertroffen.

Ihrer Form nach unterscheidet man folgende Arten von Heizkörpern:

I. Öfen, und zwar:

α) Säulen- oder Cylinderöfen und β Röhrenöfen;

II. Register, und zwar:

liegende und stehende Register;

III. Röhren, und zwar:

glatte und armierte.

α) Die Säulenöfen sind frei vor der Wand, gewöhnlich im Winkel des Zimmers stehende Heizkörper von cylindrischer Form und mannigfach wechselnder Dekoration, zuweilen nach obenhin etwas konisch verjüngt. Der Durchmesser derselben wechselt, je nach der Größe des Zimmers und der Heizfläche, welche der Ofen liefern soll, zwischen

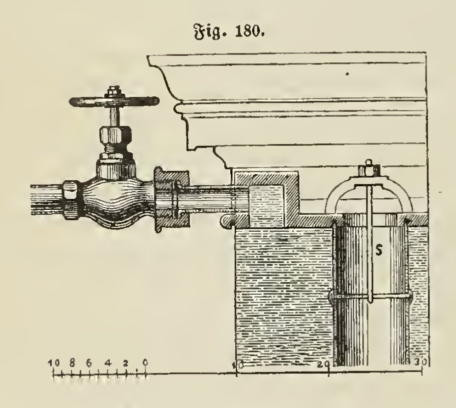
1) Dieses Arrangement findet z. B. in Fig. 179 bei Anwendung von Mitteldruckheizung statt.

40 und 65 cm. Die Höhe steht in entsprechendem Verhältnis zum Durchmesser.[1])

Der cylindrische, schmiedeeiserne, 3 mm dicke Blechmantel des Ofens ist oberhalb und unterhalb durch Böden von Gußeisen oder von Kupferblech geschlossen. Den Ofen durchdringen eine Anzahl (5—14) durchgehender Röhren, welche in den kupfernen Böden festgelötet sind. Wenn die Böden, wie auf Taf. 33 Fig. 1, aus Eisen gegossen sind, so erfolgt die Dichtung in der Nut durch eingelegte **Gummiringe** (Fig. 176). Mittels der eingelassenen Schraubenbolzen S werden die Rohre fest gegen den Boden geschraubt und mit Gewalt in die Dichtungsfuge eingepreßt.

Die Wasserzuführung findet an der höchsten Stelle bei b (Taf. 33 Fig. 1), die Abführung an der tiefsten Stelle des Schaftes bei d statt. (Vgl. auch Fig. 180.) Der untere Boden des Ofens wird durch 3 eiserne Stützen c, c getragen, welche am Fußboden mittels Verschraubung befestigt sind. Sockel und Krönung des Ofens sind unabhängige Teile, die Krönung insbesondere ist nur dekorativ und besteht aus Zinkguß, Eisenblech oder Gußeisen.

Fig. 180.



Soll mit der Heizung **Ventilation** verbunden werden, so ist dies leicht zu bewerkstelligen, indem man seitlich oder vom Fußboden her frische Luft in den geschlossenen Ofensockel einführt, die dann durch die Röhren aufsteigt und in der Richtung der Pfeile erwärmt in das Zimmer gelangt. Wenn auch **Cirkulation** der Zimmerluft beabsichtigt wird, dann muß der Sockel durchbrochen oder ganz frei, d. h. auf Füße, Kugeln oder sonstige Unterlagen gestellt werden.

Zur Regulierung des Wasserzuflusses und um einzelne Heizkörper von der Cirkulation ausschließen zu können, sind **Absperrventile** nötig, die man vorteilhaft am Zufluß- und Rückflußrohr anbringt. (Taf. 33 Fig. 1 und Fig. 180). Hierzu empfehlen sich als zweckmäßig die Kugel- oder Kegelventile mit gußeisernem Gehäuse und Messingsitz.

β) Der **Röhrenofen** (Taf. 33 Fig. 2) besteht aus einem mittels Sockel und Kapitäl zusammengefaßten Bündel vertikaler, patentgeschweißter Rohre. Hier dienen die Rohre jedoch zur Cirkulation des erwärmten Wassers, welches in den oberen gußeisernen, 7 cm hohen Sammelkasten bei entsprechender Drehung des Ventils aus dem Zuflußrohr b einströmt. In Fig. 2 ist dies Ventil seitwärts vom Ofen angebracht; bei dem Eckofen Fig. 3 findet die Einmündung in den Kasten von obenher statt. Das durch Wärmeabgabe gekühlte, spezifisch schwerere Wasser sinkt nun bald nach dem unteren Doppelboden und wird in derselben Weise nach der Rückflußleitung abgeführt, wie bei den Säulenöfen.

Auch bei diesen Öfen kann Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden, zu welchem Zweck die beiden Kästen mit einer oder mehreren Durchbrechungen k versehen sind, welche das Aufsteigen der Luft nach oben

Fig. 181.
Detail des Eckventils.

1) Maße und Heizflächen von einigen gangbaren Cylinderöfen.

Unterer Durchmesser m	Oberer Durchmesser m	Zahl der Röhren	Heizfläche in Quadratmetern bei einer Cylinderhöhe von 1,56 m	1,88 m	2,19 m	2,51 m	Unterer Durchmesser m	Oberer Durchmesser m	Zahl der Röhren	Heizfläche in Quadratmetern bei einer Cylinderhöhe von 1,56 m	1,88 m	2,19 m	2,51 m
0,392	0,366	5	3,92	4,67	5,11	6,17	0,471	0,438	14	7,68	9,18	10,68	12,18
„	„	7	4,66	5,55	6,45	7,95	0,549	0,510	5	4,89	5,78	6,67	7,57
„	„	9	5,39	6,43	7,48	8,53	„	„	8	5,99	7,11	8,23	9,35
0,471	0,438	5	4,38	5,21	6,03	6,86	„	„	11	7,08	8,43	9,77	11,12
„	„	8	5,49	—	7,59	8,64	„	„	14	8,18	9,75	11,32	12,89
„	„	11	6,58	—	9,13	10,81	„	„	17	9,28	11,07	12,87	14,66

gestatten. Der Ofen Fig. 3 ist als Röhren-„Eckofen" konstruiert. Die Verbindung der Kästen mit den Röhren geschieht mit Gummidichtung (Fig. 181). Die Ofenkrönung ist aus getriebenem Blech hergestellt.[1])

II. Unter Registern versteht man Heizkörper, welche bestimmt sind, in Nischen oder Fensterbrüstungen flach an der Wand aufgestellt zu werden. Man konstruiert sie wie die Öfen aus horizontalen schmiedeeisernen Röhren mit gußeisernen Sammelkästen (Taf. 33 Fig. 4) und nennt sie dann auch „liegende Röhrenöfen". Die Dimensionen des Registers sind von der Breite der Nische und deren Höhe (hier die Höhe der Fensterbrüstung) abhängig. Die Zuführung des Wassers findet von oben her bei d, die Abführung durch das untere Ventil b statt; Regulierung und Absperrung werden gewöhnlich durch Schraubenschlüssel (bei r im Grundrisse) bewirkt.

Dem Auge pflegt man die Register durch eine mit Gitterwerk versehene hölzerne Bekleidung zu entziehen; auch das Fensterbrett ist für den Austritt der Circulationsluft mit Durchbrechungen versehen.

In ähnlicher Weise können auch stehende Register in nischenähnlichen Vertiefungen der Zimmerwände aufgestellt, durch Gitterwerk verdeckt und zur Wärmeabgabe benützt werden; in allen Fällen sind die Register oben mit der Zufluß- und unten mit der Rückflußleitung zu verbinden.

Fig. 182. Batterie.

Bei flachen Brüstungen, wo eine doppelte Rohrlage nicht angebracht werden kann, empfiehlt sich — zur Vergrößerung der Heizfläche — die Anwendung der noch näher zu besprechenden, mit Strahlungsrippen versehenen Rohre (Taf. 33 Fig. 5). Die Zusammensetzung weicht nur dadurch von derjenigen der liegenden Röhrenöfen ab, daß der Anschluß der gegossenen Rippenrohre an den Sammelkasten bequemer mittels Flanschen bewirkt werden kann.

III. Rohrförmige Heizkörper werden überall da angewendet, wo die Aufstellung von Öfen nicht angänglich oder zu teuer erscheint. So werden in Treibhäusern und Trockenkammern gewöhnlich lange Leitungen in Rohrform hergerichtet, durch welche das Wasser circuliert und seine Wärme an die umgebende Luft abgiebt. Wenn aber die zur Erwärmung erforderliche Rohrlänge aus lokalen Gründen nicht angebracht werden kann, so werden die Leitungen zur Vergrößerung der Heizfläche mit aufgepreßten oder angegossenen Scheiben oder Rippen von runder oder quadratischer Form versehen. Solche Rippenrohre werden gewöhnlich in die Leitung eingeschaltet und heißen „Batterien"[1]). Fig. 182 stellt eine derartige Batterie im Grundriß und Durchschnitt dar. Auch förmliche gußeiserne Kästen mit Rippen werden als Heizkörper konstruiert und durch Metallgitter maskiert.

An Stellen endlich, wo die horizontale Lage der Rohre in die vertikale übergeht, sind Verbindungen einzuschalten, welche die Ausdehnung der Röhren unschädlich machen. Man bedient sich dazu biegsamer Kompensationsstücke von Kupfer. In Lokalen, wo die Ausdehnung der Rohre ein beträchtliches Maß erreicht, pflegt man in 15 m Abstand „Stopfbüchsen" anzubringen. Längere Transmissionsrohre werden zur Verminderung der Reibung auf Rollen gelegt.

B. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

§ 66.

Die Temperatur, bis zu welcher man die Erwärmung im System steigert, beträgt im Maximum 130° C. Das Wasser kehrt mit 65° nach dem Wärmerecipienten zurück; die Temperatur-Differenz (130° — 65° = 65°) ist daher 10° größer als bei dem System der Niederdruckheizung; der Effektunterschied beruht also auf der absolut höheren Rohrtemperatur, welche eine Spannung von 2 bis 3 Atmosphären hervorruft. Vor der Benutzung ist daher eine entsprechende Druckprobe, bei welcher sich eine 8 bis 10fache Sicherheit ergeben soll, vorzunehmen.

Der Wärmerecipient des Mitteldrucksystems wird nicht als Walzenkessel konstruiert, sondern er wird gebildet durch ein System von 9—11 patentgeschweißten Röhren von 0,10 m äußerem Diameter. (Taf. 34 d, d.) Diese vereinigen sich durch vertikale Abzweigungen in einem größeren Sammelrohr g (Fig. 2 und 4), welches den Anschlußstutzen als Beginn der Hauptzuflußleitung enthält. Ähnlich ist die Anordnung der Sammelkästen h h (Fig. 2 und 4), welchen das kältere Wasser des Rücklaufrohres l M (Fig. 5) zugeführt wird, um sich im Aufsteigen in den Röhren d d wieder zu erwärmen und seinen Lauf durch g nach den Transmissionsgefäßen zu nehmen. Durch die Siederöhren d d wird aber die Wassermasse auf ein Minimum beschränkt, es tritt schnellere Erwärmung und ein höherer Temperaturgrad des Wassers im System ein.

In Bezug auf Material, Verbindung und Dichtung der Leitungsröhren findet keine Abweichung von dem System des Niederdrucks statt, nur wird im Verhältnis zu dem vermehrten Atmosphärendruck den Verbindungen eine höhere Sorgfalt zuzuwenden sein.

---

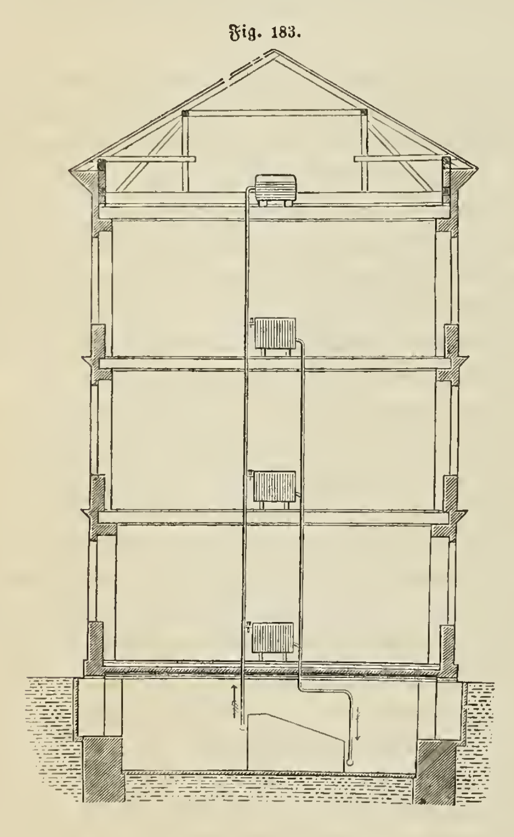
1) Die Heizfläche eines Röhrenofens von 1,56—2,51 m Röhrenlänge beträgt 9,4 bis 14 qm.

1) Gourney'sche Batterien.

Der Herd a der Feuerungsanlage ist mit einem Doppelrost versehen und für Füllbetrieb hergerichtet. Zu dem Ende sind zwei Einschüttzargen mit zugehörigem Deckel und außerdem Regulir- und Aschenfallthüren vorhanden. Die Gase steigen vom Rost in den hohen Brennschacht c und bewegen sich dann, die Wasserröhren umspielend, abwärts (Gegenstromheizung), um durch den Rauchsammler l in den Schornstein zu entweichen.

Im vorliegenden Falle ist der Feuerkanal, in welchem die Wasserröhren d, d untergebracht sind, mit 16 mm dicken eisernen Rippenplatten abgedeckt: die darüber verbleibende Luftkammer f wird demnach erwärmt, und wenn derselben durch den Kanal i frische Luft zugeführt wird, so wird diese erhitzt nach k steigen und zur Erwärmung der Etagen benutzbar sein, wobei der qm der gerippten Fläche mit einer stündlichen Wärmeproduktion von 2000 Wärme-Einheiten in Anschlag zu bringen ist.

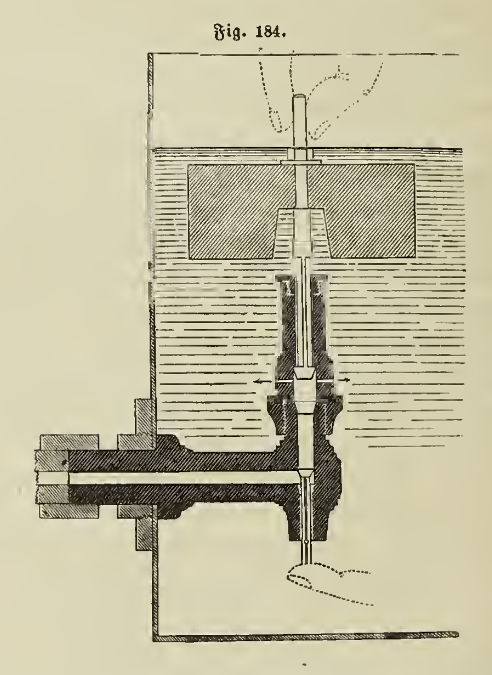
Fig. 183.



Anm. Eine sehr ähnliche Anordnung ist von der Firma **Helldorf & Brückner** (jetzt W. Brückner in Wien) für die städtische Mädchenschule am Carolinenplatz daselbst ausgeführt und durch den Baurath F. Paul beschrieben[1]). — Das System der Gesamtanlage ist in Fig. 183 dargestellt. Die Heizkörper werden direkt vom Steigerohr gespeist und die Verteilungsrohre liegen nicht im Dachboden, sondern im Keller, vom Steigerohr sich abzweigend — eine Disposition, welche Ersparung an Rohrlängen bezweckt und dadurch die Anlage billiger gestaltet.

Das Expansionsreservoir der Mitteldruck-Heizung besteht aus einem Wasserbehälter (Fig. 184) am höchsten Punkte des Systems; mit diesem ist die Rohrleitung fest verschraubt, der Art, daß sie in einem senkrechten Cylinder mit Doppelventil mündet, der am Reservoir durch Verschraubung festgehalten wird. Der untere Ventilkegel wird durch die Spannung des heißen Wassers, der obere durch

Fig. 184.



das Belastungsgewicht festgehalten. Tritt nun Überhitzung des Wassers und demzufolge vermehrter Druck und vermehrte Ausdehnung ein, so wird infolge der Volumveränderung das Sicherheitsventil gehoben und das heiße Wasser fließt so lange durch die seitlichen Bohrungen aus, als der Überdruck andauert. Beim Fallen der Temperatur vermindert sich dagegen das Volum, es entsteht ein leerer Raum in der Hauptleitung, also eine saugende Wirkung, welche das untere Ventil öffnet und den Wasserverlust ersetzt. Diese Vorrichtung wirkt also lediglich selbstthätig.

Als Heizkörper für Mitteldrucksystem werden Röhrenöfen, Register- und Transmissionsröhren mit eingeschalteten Batterien, wie solche auf Taf. 33 in Fig. 2—5 dargestellt sind, benutzt.

Die Konstruktion röhrenförmiger Wärmerecipienten für Warmwasser-Mitteldruckheizung hat eine wesentliche Verbesserung erfahren durch den patentierten Wasserrohrkessel des Civilingenieurs **H. Heine in Berlin.** (Deutsches Reichspatent Nr. 751 und 2258.)

Die Anfertigung dieser Kessel für Warmwasser-Nieder-

1) Vergl. F. Paul, Lehrbuch der Heizungs- und Lüftungstechnik S. 520, Fig. 203 u. 204. — Wien, Hartlebens Verlag. 1885.

druck und Mitteldruckheizung ist der Firma **Rietschel & Henneberg** übertragen[1]) und von derselben u. A. auch für das neue Realschulgebäude zu Darmstadt zur Anwendung gebracht. (Vergl. Anwendungen § 57.)

Heine's patentierter Röhrenkessel ist auf Taf. 35 in den Fig. 1—2 im Quer- resp. Längenschnitt dargestellt; Fig. 3 zeigt die Ansicht, und zwar diejenige eines gekuppelten Kessels. Das Prinzip des Apparates beruht auf der Anordnung eines Ober- und Unterkessels, welche symmetrisch als Wasserrohrkessel ausgeführt sind. Das zentrale Rohr A derselben wird von einer konzentrischen Reihe von 8 Wasserrohren B umgeben. Sämtliche Rohre kommunizieren an beiden Enden mit den Kammern C. Die inneren, der Wirkung der Verbrennungsgase ausgesetzten Flächen der Kammern bestehen aus rechteckigen schmiedeeisernen, 12 mm dicken, Blechplatten, in welche die sämtlichen Rohre mittels mechanischer Vorrichtung gedichtet (eingewalzt) sind. Die Kammern werden durch gußeiserne Kästen von rechteckiger Grundform gebildet und mittels gehobelter Flanschen an jene Blechplatten verschraubt. Die äußere Wand der Kästen ist nach innen durch Stehbolzen D mit der schmiedeeisernen Rohrwand verbunden.

In der Außenwand ist in der Achse der beiden Rohre A eine Öffnung angebracht und durch Deckel E verschlossen. Die Dichtungsflächen des Deckels sind mechanisch bearbeitet und durch Kopfschrauben F mit Kupferdraht gedichtet; die in den Wasserraum tretenden Gewinde werden von Bronze hergestellt. — Nach Entfernung des Deckels kann demnach jede Inkrustation im Inneren der Kesselrohre beseitigt und jedes schadhafte Rohr mit Leichtigkeit durch ein neues ersetzt werden.

Der ganze Kessel ist pro Meter der Länge um 60 mm geneigt, und das aufsteigende warme Wasser tritt durch den Stutzen G_1 am obern Deckel des vorderen Kesselendes aus, das zurückkommende kalte durch G_2 am untern Deckel des hinteren Kesselendes ein. Beide Stutzen G_1 und G_2 haben reichlich bemessene Durchgangsquerschnitte für die anschließende Rohrleitung von 4″ englischen Patentrohren[2]) (101 mm). An dem Stutzen G_1 befindet sich das Thermometer H, um die Temperatur des Wassers im Steigerohr messen zu können.

Der Kessel ruht am Vorder- und Hinterhaupt auf den beiden Platten J^1 und J^2, von denen die erstere zur Anbringung der Ofenarmatur dient. Die Platten J^1 und J^2 werden nur durch die Längsanker K gehalten: da sich jedoch die unteren Enden der Rohrplatten in die Nuten α der erstgenannten Platten setzen, so ist auch am oberen Ende derselben eine Längenverankerung geschaffen, welche freie Längenausdehnung des Kessels gestattet. Der seitliche Abschluß der beiden Kessel erfolgt durch 0,25 m starkes Mauerwerk von Chamotte in dem üblichen Fugenbau. Die obere Fuge der Keilschicht läuft parallel der Neigung des Kessels.

Von dem Roste L, welcher unter dem Kessel liegt und am vorderen Ende durch die Feuerthür L^1 bedient wird, steigen die Gase direkt aufwärts: sie sollen sich gleichmäßig an der ganzen Länge der Wasserrohre verbreiten. Da nun die Gase — infolge der Anordnung von Cirkulationsplatten M M — kontrahierte Querschnitte zu passieren haben: so werden sie gezwungen, die ganze Heizfläche der Rohre möglichst vollständig und in der durch die Pfeile bezeichneten Weise zu bespülen.

Der Rost ist aus zusammengenieteten schmiedeeisernen Lamellen von 7 mm Dicke, bei 5 mm Abstand derselben, konstruiert. Sein vorderes Ende ruht auf einer gußeisernen Rostplatte N, welche ihrerseits von der Vorplatte $N^1 N^1$ getragen wird. Bei Wegnahme letzterer wird also der ganze Raum unterhalb des Kessels frei. O ist die Aschenthür, welche für den Eintritt der Luft durch einen Gradbogen eingestellt wird. O^1 dient zur Regulirung des Luftzutritts bei geschlossener Aschenthür.

Um die Gase möglichst gleichmäßig auf die ganze Länge der Wasserrohre zu verteilen, sind zwei Abzugsquerschnitte durch die Rahmen P gebildet und in diese die Drosselklappen P^1 zur Zugregulirung gelegt; durch die Öffnungen P entweichen die Gase in den Fuchs.

Die Rohrplatten der Kammern C reichen bis zur Abgleichungsschicht des Kesselmauerwerks; daselbst sind an ihnen Winkeleisen R^1 befestigt und auf diese Längsträger R von ⊥förmigem Querschnitt gelagert. Die Abdeckung dazwischen besteht aus gußeisernen Platten, welche auf den Steg der ⊥Eisen gelagert und mit einer Backstein- oder Lehmschicht überdeckt sind.

An dem einen jener ⊥Eisen sind die Rahmen der Drosselklappen $P^1 P^1$ verschraubt, und ferner zwei Lager für die Regulirungsrolle S, deren Handhabung direkt vom Heizerstande aus durch die Zugstange T erfolgt.

Die abziehenden Gase treten zunächst in den Längskanal U, aus dessen Mitte ein Querkanal nach dem Fuchs führt. Die Sohle des Seitenkanals wird ebenfalls durch ⊥Eisen getragen. Wegen des seitlichen Abzugs der Feuergase wird nur eine geringe Höhe für das Kesselsystem beansprucht, was für Aufstellung in Souterrainräumen ins Gewicht fällt.

Die Reinigung der Heizflächen von Flugasche und Ruß geschieht für den Unterkessel durch vier Reinigungsthüren V in jeder Seitenwand und für den Oberkessel durch Fortnahme der Abdeckung Q. Sie erfolgt mittels Drahtbürsten

1) Die Ausführung der patentierten Konstruktion als stationäre Dampfkessel haben die Fabriken von A. Borsig und J. Piedboeuf in Aachen kontraktlich übernommen.

2) Für geringeren Durchmesser muß ein Reduktionsstutzen wie in Fig. 3 eingeschaltet werden.

und ist zu diesem Behuf an jeder Längenwand mindestens ein freier Raum von 1,45 m Breite erforderlich. Hinter dem Kessel ist derselbe Raum notwendig.

Anm. Um große Heizflächen zu bilden, werden in der Regel gekuppelte Kessel, deren Anordnung Taf. 35 in Fig. 3 zeigt, aufgestellt. Letztere bieten dieselben Vorteile wie die Einzel-Kessel. Für das aufsteigende Wasser werden die beiden Deckelstutzen G^1 durch das gemeinsame Façonrohr W, W, Fig. 3, mit einander verbunden und der Anschluß des Steigerohres kann entweder in der Verlängerung von W oder mittels des punktierten Stutzens W^1 direkt nach oben erfolgen. In derselben Weise sind die Stutzen G^2 für den Rücklauf durch ein Rohr X gekuppelt. Durch Einschaltung von Absperrventilen zwischen den betreffenden Stutzen und den Rohren W resp. X kann der eine Kessel außer Funktion gesetzt werden, während der andere in Betrieb ist. — Der Abzug der Gase erfolgt für jeden der Kessel durch einen besonderen Seitenkanal U; die Kanäle sind durch eine Wand Z getrennt und werden durch je ein Blechrohr in den Fuchs eingeleitet.

Zur Entwässerung der Kessel und der ganzen Heizanlage dient ein Hahn Y am Rücklaufrohr X. Ein zweiter Hahn an demselben Rohr wird zum Anfüllen des Systems benutzt.

Die Kessel werden von der Firma Rietschel & Henneberg in 2 Modellen von je 5 Nummern gefertigt. Taf. 35, Fig. 1—3 stellt die Konstruktion des ersten Modells und zwar die Nr. 3 der Fabriktabelle dar mit:

8,26 qm feuerberührter Heizfläche,
0,18 qm Rostfläche,
207 l Wasserinhalt.

Ferner ist:
die Länge der Kesselrohre . . . = 1,5 m,
und die totale Länge des Kessels = 2 m.

Vorteile des Heine'schen Kessels[1].

1) Die geschlossenen Wassermassen der Vorder- und Hinterkammer begünstigen das freie Abströmen des heißen und das Zuströmen des kälteren Wassers, so daß sämtliche Wasserrohre unter gleichen Bedingungen sich befinden; die Erfordernisse einer natürlichen Cirkulation sind daher erfüllt.

2) Die Verteilung der Heizgase an den Heizflächen ist eine günstige und bei der geringen Wandstärke der Wasserrohre die Absorptionsfähigkeit derselben auch bei niedriger Temperatur der abziehenden Gase immer noch eine genügende (weil das abgekühlte Wasser nur mit 40°—50° C. in die hintere Kammer zurückkehrt).

3) Das Verhältnis zwischen Wasserinhalt und Heizfläche ist nach den angestellten ausführlichen Versuchen und Resultaten ein für Wasserheizungszwecke sehr günstiges.

4) Die Verbindungsstellen des Kessels sind der Einwirkung des Feuers ganz entzogen und für die Besichtigung zugänglich. Jeder Kessel wird mit 5 Atmosphären Wasserdruck probiert.

1) Dieselben sind ausführlich erörtert in Nr. 27 der „Annalen für Gewerbe und Bauwesen" (F. C. Glaser, Berlin, Jahrg. 1878).

Heißwasserheizung.

§ 66.

Im Gegensatz zur Niederdruckheizung ist das Hochdrucksystem ein hermetisch geschlossenes. Der Charakter der Anlage als Heißwasser-Mitteldruck- oder Hochdruck-Heizung wird lediglich durch die Temperatur der zur Wärmeaufnahme, resp. Wärmeabgabe bestimmten Rohre und durch die Art der Expansionsvorrichtung bedingt.

Perkins, der Erfinder des Systems, verwendete schmiedeeiserne gezogene Rohre von ½" englisch = 12,5 mm innerem Durchmesser und 6,25 mm Wandstärke; er war zu solchen Rohrdimensionen gezwungen durch die hohen Hitzgrade, die zur Anwendung kamen.

Anm. Nach Perkins's eigenen Beobachtungen betrugen die Initialtemperaturen des Wassers im System 450—560° Fahrenheit, was 232—293 Graden des hundertteiligen Thermometers gleichkommt. Den Wärmestufen von

230°, 260°, 290° Celsius

entspricht aber eine Spannung des überhitzten Wassers von:

27 38 73 Atmosphären,

d. h. eine Spannung gleich derjenigen des bei gleicher Temperatur erzeugten Dampfes. — Die hier in Betracht kommenden Temperaturen und Dampfspannungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, woraus ersichtlich, daß der Atmosphärendruck in ungleich schnellerem Verhältnis zunimmt als die Temperatur.

Tabelle.

Temperatur-Grade nach Celsius.	Druck in Atmosphären.	Temperatur-Grade nach Celsius.	Druck in Atmosphären
100	1,0	180,31	10
111,74	1,5	184,50	11
120,60	2,0	188,41	12
133,91	3,0	203,60	16
144,00	4,0	226,30	25
152,26	5,0	265,89	50
159,25	6,0	311,36	100
165,40	7,0	363,58	200
170,81	8,0	423,57	400
175,77	9,0	492,47	800

Die Nachfolger von Perkins haben den lichten Durchmesser der Rohre von 12,5 mm auf 22 mm erweitert, bei einer Wanddicke von 6 mm, d. h. bei 34 mm äußerem Durchmesser, unter gleichzeitiger Herabminderung der Initialtemperatur des Wassers. Diese Vermehrung

des Wasser-Volums bis zum Dreifachen des frühern Rohrinhalts bedingt eine sehr wesentliche Verbesserung: denn es wird dadurch die Reibung vermindert, die Transmissionsfläche vergrößert und die Reservationskraft entsprechend erhöht. Die Initialtemperatur des aufsteigenden Stromes beträgt höchstens 300—400° Fahrenheit oder etwa 150 bis 200° Cels., und diejenige im Rücklaufrohre 50—70° C. Hiernach ergeben sich folgende Grenzwerte für Heißwasserheizung:

	Im Maximum.	Im Mittel.	Im Minimum.
Initialtemperatur des Wassers	200°	175°—180°	150°
Temperatur im Rücklaufrohr	70°	60°	60°
Temperatur-Differenz	130°	115°—120°	90°

Allgemeine Anordnungen.

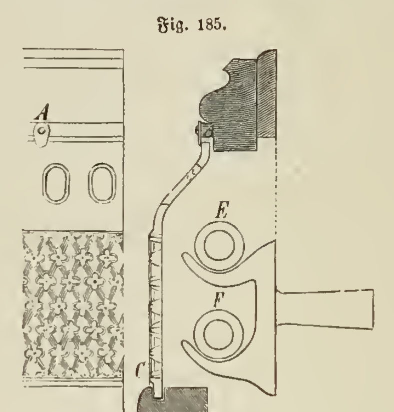
Als Wärmerezipient der Heißwasserheizung wird eine im Feuer liegende Spirale (Feuerschlange) aus 34 mm weitem Perkins-Rohr benutzt (vergl. Taf. 36, Fig. 2 bis 4). Diese Rohre sind nur an einer Seite mit Schweißnaht versehen und haben — namentlich im Ofen — einen sehr hohen Druck auszuhalten: sie werden daher vor ihrer Verwendung unter hohem Druck geprobt.

Vom obern Teil der Spirale steigt ein Rohr p in kurzer Linie (um die Abkühlung zu vermeiden) bis zum obersten Geschoß, das beheizt werden soll, auf; es heißt das Steigerohr. Die Transmissionsröhren dagegen können beliebig geführt und überall dahin gezogen werden, wo Wärme an die Lokale abzugeben ist. Nachdem das Wasser in den angemessenen Grenzen abgekühlt ist, wird es in einer rückwärts führenden Leitung zum Rücklaufrohr q und somit zum tiefsten Punkt der Ofenspirale zurückgeführt, um hier aufs Neue erwärmt zu werden. — Ofenspirale, Steigerohr, Heizrohr und Rücklaufrohr bilden also eine geschlossene, in sich zurückkehrende Rundleitung, und man nennt jede derartige Kombination „ein System“.

Die Länge der Systeme dehnt man nicht gern über 150—200 m aus, weil die Reibung an den Röhrenwänden und die mancherlei Umbiegungen der Rohre einen erheblichen Widerstand für die Cirkulation des Wassers bilden. Die Cirkulationsgeschwindigkeit nimmt zu mit der Höhe der Röhren, aber auch die Differenz zwischen ihrer Initial- und Endtemperatur hat Einfluß auf dieselbe. Nach Zurücklegung gewisser Strecken empfiehlt es sich also, das Rohr wieder ins Feuer zurückzuführen. Leitet man es nun in diejenige Ofenspirale zurück, von der es ausging, so ist das System ein geschlossenes: führt man es aber in eine zweite, im Feuer liegende Spirale, aus welcher ein ebensolches System ausläuft, das mit seinem Rücklaufrohr sich an die erste Spirale anschließt, so hat man ein gekuppeltes System. So können 4—6 Systeme in einem Ofen vereinigt, von einem Rost aus geheizt und durch eine Pumpvorrichtung gespeist werden. Hierbei werden die Widerstände des einen Systems durch die geringeren des andern aufgehoben: freilich soll dann auch die Temperatur des zurückkehrenden Wassers in allen Schlangen möglichst gleich sein, was nahezu gleiche Länge der Transmissionsröhren eines jeden Systems bedingt.

Die Heizrohre werden in den Lokalen am Fußboden umhergeführt und äußerlich durch eine hohe Sockelleiste, welche gitterähnlich durchbrochen ist, gedeckt. Fig. 185 zeigt in Ansicht und Querschnitt die konstruktive Anordnung der Heizrohre über dem Fußboden. Zu dem Ende werden die

Fig. 185.



Rohre E und F, von denen das untere den Rücklauf vermittelt, in einem in die Mauer eingelassenen gußeisernen Haken versenkt. Das verzierte Schutzgitter von Metallguß wird unterhalb in eine Nut der Fußbodenleiste, und oberhalb in den Falz der Sockelleiste eingelegt; einzelne Teile des Gitters lassen sich herausnehmen, um die Rohre, so oft es erforderlich ist, von angesammeltem Staube befreien zu können. Zu dem Ende wird der oben angebrachte Vorreiber A zur Seite gedreht.

In Räumen von untergeordneter Bedeutung bleiben die Rohre unverdeckt. Das Rückführungsrohr legt man unter das Heizrohr (wie Fig. 185 zeigt) und benutzt dasselbe mit zur Wärmeabgabe an das Zimmer.

Fig. 186.



Nicht selten werden Transmissionsrohre und Rückführungsrohre in den Fußboden verlegt. (Fig. 186.) In solchem Falle sind zwischen den Balken Kanäle ausgespart und mit Schwarzblech ausgefüttert; in diese Rinnen legt man die Rohre und die Öffnung der Heizkanäle wird mit durchbrochenen Eisenplatten abgedeckt.

Wenn die Fußbodenleitung nicht zur Heizung genügt, so wird dieselbe zu Spiralen, sogenannten „Heizschlangen“ erweitert und dadurch die Transmissionsfläche entsprechend vergrößert.

Die Expansionsvorrichtung besteht bei Heißwasser-Mitteldruckheizung aus einem belasteten Doppelventil, welches wir bereits in Fig. 184 kennen lernten und für hohen Druck aus einem Expansionsrohr: in beiden Fällen soll die Vorrichtung am höchsten Punkte des Systems liegen. — Das Expansionsrohr hat den Zweck, die, durch Erwärmung auf 130°—200° C. ausgedehnte und aus dem Steigerohr expulsierte Wassermasse aufzunehmen. Ferner sollen sich hier auch Luftblasen ansammeln, die, wenn sie in die Cirkulationsrohre gelangen, der Wasserbewegung Hindernisse entgegenstellen.

Die Größe des Expansionsrohres ist durch Rechnung, wie folgt, festzustellen:

Der Ausdehnungs-Coëfficient des Wassers ist $a = 0{,}00033$. Nehmen wir als Maximum der Temperatur des Wassers $t = 200°$, dann ist der Inhalt sämtlicher Röhren zu multiplicieren mit $1 + at = 1 + 0{,}00033 \times 200 = 1{,}0660$ und das Produkt von dem ursprünglichen Volum abzuziehen. Der Rest ist das Wasservolum, welches in den Röhren nicht mehr Platz findet. Der Wasserinhalt einer 22 mm im Lichten weiten Röhre von 100 m Länge ist

$$V = 100 \times 0{,}00038 = 0{,}038 \text{ cbm}.$$

Wird dieser Inhalt auf 200° erwärmt, so erhält er das Volum

$$V' = 0{,}038 \times 1{,}066 = 0{,}0405 \text{ cbm},$$

und dasjenige des aus der Röhre austretenden Wassers ist:

$$V' - V = 0{,}0405 - 0{,}0380 = 0{,}0025 \text{ cbm oder } \tfrac{1}{15}\,V.$$

Dies Volum muß in der Expansionsröhre Platz finden. Wir wählen einen Durchmesser = 0,08 m, wobei der Querschnitt = 0,00502 qm; die Länge des Expansionsrohres für ein 100 m langes System ist daher:

$$\frac{0{,}0025}{0{,}00502} = 0{,}49 \text{ m}.$$

Man macht die Expansionsröhren indeß so groß, daß sie auch den doppelten Inhalt des zu expulsirenden Wassers aufnehmen können; bei Maximalausdehnung wird dann die Luft auf die Hälfte zusammengedrückt, wobei das Rohr wie ein Windkessel wirkt.

Fig. 187 stellt das schmiedeeiserne Expansionsrohr mit Nachfüllstutzen dar. Außer dem 0,08 m weiten Behälter ist ein vertikal abwärts geführter Schenkel von dem Durchmesser des Cirkulationsrohres angesetzt und mit Stöpselschraube verschlossen. Durch diesen soll die Luft entweichen. Das aufwärts gerichtete Rohrende c, welches denselben Verschluß hat, dient zum Nachfüllen des Wassers.

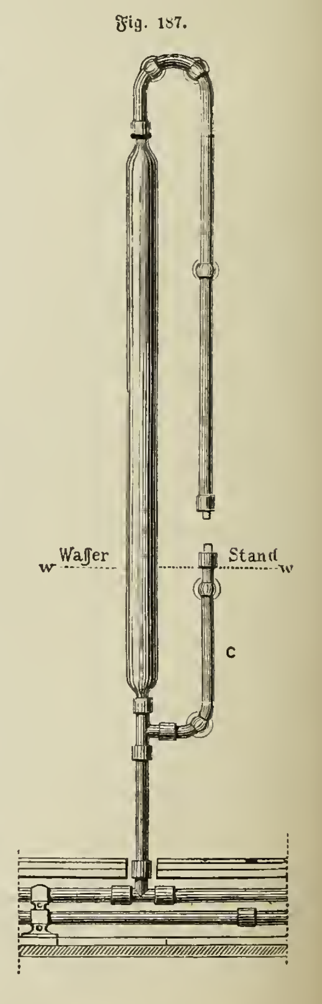
Aus der vorstehenden Beschreibung sind manche positive Eigenschaften des „System Perkins" abzuleiten. Zunächst ist es der geringe Durchmesser der Rohre, welcher bei leichter Anwendbarkeit deren Unterbringung selbst in vorhandenen älteren Gebäuden gestattet. Ein Verlust an Zimmerraum findet dabei nicht statt, da die Öfen ganz fortfallen und die Heizschlangen sich in Nischen und Fensterbrüstungen aufstellen lassen. — Die Montage ist einfach und die Anlagekosten sind billiger als bei Mittel- und Niederdruckheizung. Die Heizwirkung tritt schnell ein — nach ¾ bis 1 Stunde. — Der Betrieb ist sehr einfach.

Als Nachteile werden hauptsächlich folgende genannt:

1) Die Gefahr des Einfrierens stark exponierter Rohre bei scharfen Nachtfrösten in der Heizpause vom Abend bis zum Morgen. — Dieser Übelstand läßt sich vermeiden durch Aufgabe von Brennstoff für die Nacht, wobei sich die bereits besprochenen Füllfeuerungen vorzüglich bewährt haben.

2) Die Gefahr, daß durch Überhitzung der Rohre Holz entzündet werden kann. Obwohl die Entzündung des Holzes erst bei 425° C. eintritt, ist die Möglichkeit einer Überhitzung doch nicht ausgeschlossen, wenn infolge fehlerhafter Anlage die Rücklaufröhren mit zu hoher Temperatur zum Ofen zurückkehren. Verhindert wird die Überhitzung, sobald eine Füllfeuerung vorhanden ist, bei welcher in der Zeiteinheit eine vorausbestimmte Menge von Brennstoff verbrannt wird und wenn die Cirkulation in angemessener Art vor sich geht.

Fig. 187.



3) Die Möglichkeit, daß der auf den Heizröhren abgelagerte Staub versengt werde. Die Zersetzung der organischen Stoffe, aus welchen der in der atmosphärischen Luft enthaltene Staub besteht, beginnt erst bei 140—150° C. Da die Initialtemperatur des Wassers für Wohngebäude 160° nicht leicht überschreitet, so wird das Expansionsgefäß höchstens auf 150 bis 155° erwärmt werden und in den zu heizenden Wohnräumen die Rohrtemperatur unter dem Hitzegrad bleiben, der den Staub zersetzt.

4) Die Gefahr des Explodierens der Rohre. Daß Explosionen leicht stattfinden können, ist nicht zu erweisen. Das Material, aus welchem die gezogenen Rohre gefertigt werden, ist so vorzüglich, daß der Quadratmillimeter mit 60 kg in Anspruch genommen werden kann. Die Rohrwandungen sind 6 mm dick, vertragen also eine Inanspruchnahme von $60 \times 6 = 360$ kg pro qmm. Stiege also auch wirklich die Wassertemperatur über 200°, auf:

230°   260°   290°,
so entspricht diesen Temperaturgraden eine Spannung von
27 at   38 at   73 at

Der Druck von 1 Atmosph. beträgt 0,01038 kg pro qmm,
„ „ „ 38 „ „ 0,39254 „ „ „
„ „ „ 73 „ „ 0,75499 „ „ „

Findet nun Erhitzung auf 260° C. statt, so ist die Sicherheit noch eine 917fache, und bei Erhitzung auf 290° eine 477fache, d. h. es ist in der That keine Explosionsgefahr vorhanden, um so weniger, als die Röhren vor dem Gebrauch geprüft, d. h. einen Druck von 140 Atmosphären mittels einer hydraulischen Pumpvorrichtung unterzogen werden. Bei dieser Druckprobe müssen Rohre und Verschraubungen dicht bleiben.

Wenn Explosionen stattfinden, so geschieht dies im Ofen, und ohne alle Gefahr, da die Röhren von Mauerwerk umgeben sind. Es öffnet sich die Schweißnaht des Rohres und ein Teil der Wassermasse ergießt sich in den Ofen.

Von den Gegnern des Perkins'schen Systems pflegen auch hervorgehoben zu werden:

5) Die Schwierigkeiten des Regulierens der Temperatur in den Räumen nach vorübergehendem Bedürfnis und

6) die Nachteile beim Absperren einzelner Räume.

ad 5) Durch verstärkte oder verminderte Intensität des Feuers ist dies System allerdings nicht regulierbar: man darf also die Rohrlänge nicht auf den halben Effekt bemessen wollen in der Meinung, bei starker Kälte durch lebhaftes Feuern auch den größern Bedarf zu decken. Denn wenn die Anfangs- und Endtemperaturen des Wassers auf 150° resp. 60° C. bemessen sind und damit etwa 32000 Wärme-Einheiten bei normaler Temperatur produziert werden, so würden für die Erzeugung von 64000 W.-E. die Wassertemperaturen auf 240, resp. 100° zu steigern sein. Die Zurückführung des Wassers mit hoher Temperatur involviert aber einen erheblichen Verlust an Brennstoff und bringt die schon besprochene Gefahr der Überhitzung nahe, weil der Heizer nicht wissen kann, wie hoch er die Temperatur steigern muß, um den betreffenden Effekt zu erhalten. Statt der Anlage einer Mitteldruckheizung mit 150° Initialtemperatur würde sich daher im vorliegenden Falle „Hoher Druck" mit 60° Endtemperatur empfohlen haben. Tritt dagegen milde Witterung ein, so muß das Feuer unterbrochen werden, nachdem die Zimmer hinreichend erwärmt sind, und es darf erst wieder gefeuert werden, wenn die Zimmertemperatur stärker sinkt. Dieser Zustand tritt aber bei der geringen Reservationskraft[1]) des Systems verhältnismäßig schnell ein.

ad 6) Einzelne Zimmerleitungen oder Spiralen mit Absperrhähnen zu versehen, ist allerdings durchführbar, aber darum mißlich, weil man die abgesperrten Systeme nicht gleichzeitig entleeren kann, diese also beim Aufhören der Wassercirkulation leicht dem Einfrieren unterworfen sind, auch die gewöhnlichen Hähne auf die Dauer nicht dicht bleiben. Sind insbesondere die Hähne nicht genau gebohrt, so werden durch deren Einschaltung leicht Kontraktionserscheinungen hervorgerufen, d. h. die Cirkulation wird gehemmt. Übrigens ist es einer der Vorzüge dieser Heizung, daß zusammenhängende Zimmergruppen ohne wesentliche Mehrkosten eine gleichförmige Wärme erhalten können und für größere Gebäude hat man es außerdem in der Gewalt, durch Anlage kleinerer Systeme die periodisch benutzten Räume von den kontinuierlich geheizten zu trennen.

7) Der Vorwurf endlich, daß mit der Hochdruckheizung Ventilation schwierig zu verbinden sei, ist nur mit Einschränkungen zu verstehen, denn auch diese Aufgabe ist rationell zu lösen, wie die folgenden Paragraphen lehren.

§ 53.

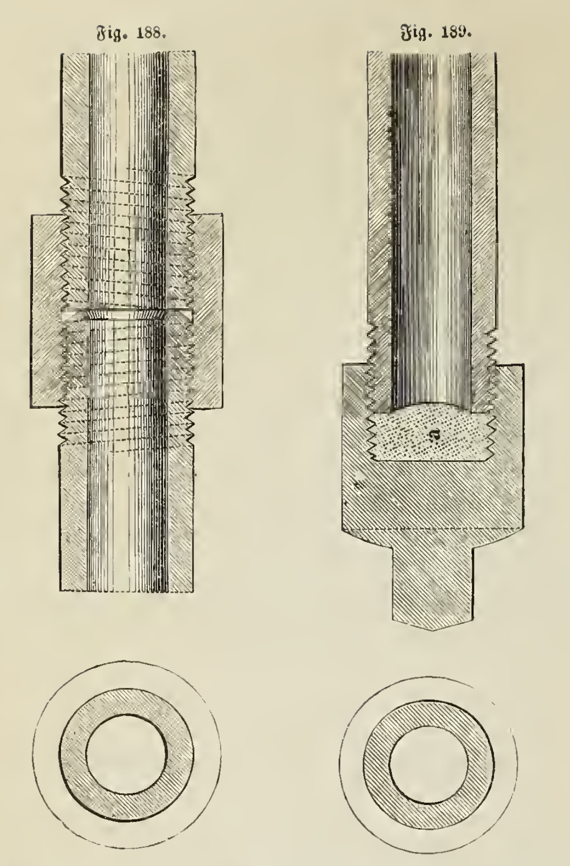
Das Röhrensystem und seine Verbindung.

Die Zusammenführung der einzelnen Rohrlängen, welche an dem einen Ende mit Rechts-, an dem anderen mit Linksgewinde versehen sind, geschieht durch Verschraubungen, wozu Verbindungsmuffen dienen, die mit Rechts- und Linksgewinde versehen sind. Da das Gewinde der Muffe nicht vor dem Durchdringen des Wassers schützt, so wird zum Zweck wasserdichter Verbindung das Ende des einen Rohres zugespitzt abgedreht, das Ende des anderen (das mit ihm verbunden werden soll) mit geradem Abschluß versehen. Fig. 188. Mittels der Muffe kann man nun das scharf zugespitzte Ende fest und dicht gegen die ebene Fläche des anderen Endes heranziehen und dadurch vollständiges Dichthalten erreichen.

Um die verschiedenen Windungen, Ecken, Winkel im Cirkulationsgange zu bilden, wendet man Façonstücke an. — Rechtwinklige Abzweigung wird durch ein schmiedeeisernes ⊤-Stück bewerkstelligt, dessen 3 Enden mit Gewinde versehen sind. Wo zwei Rohrstränge sich kreuzen, da wendet man Kreuzstücke an, deren vier Enden mit äußerem Gewinde versehen und durch gerade Muffen mit den Anschlußsträngen verschraubt werden. Zur Verbindung zweier Rohrstränge im Winkel dienen Bogenstücke oder geschmiedete Kniestücke. — Das in Fig. 190 dargestellte Absperrventil zeigt derartige Kreuzstücke, Bogenstücke und Verbindungsmuttern. Dagegen sind zur Herstellung des Expansions-

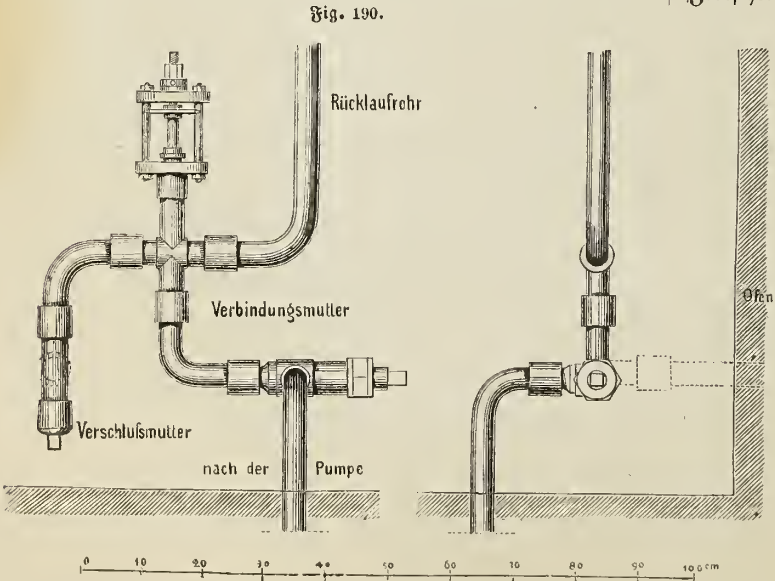
[1]) Für Schulen und ähnliche Institute stellt sich hiernach der Mangel am Reservationsvermögen als Vorteil heraus, weil das Funktionieren des Apparates den Zeitabschnitten des Unterrichtes genauer angepaßt werden kann. Vergl. Anwendungen § 55.

Fig. 188. Fig. 189.



rohres, Fig. 187, zwei ⊤-Stücke verwendet. Der Verschluß des Nachfüllstutzens und des abwärts gebogenen Luftrohres erfolgt mit einer sogenannten „Verschlußmutter“ (Stöpselverschluß). Die Dichtung des Stöpsels geschieht hierbei

Fig. 190.



nach Fig. 189 mittels Blei, welches in die Tiefe der Mutter eingegossen ist; beim Anziehen der Mutter preßt sich das Rohrende in die Bleimasse a ein.

Absperrventile werden da angebracht, wo es sich um zeitweise Ausschaltung eines Teiles der Heizröhren oder der Spiralen handelt. Fig. 190 stellt ein Absperrventil dar; es bildet eine Kombination von drehbarem Kolbenventile mit einem Kegelventil, wodurch der Abschluß der Ofenschlange gegen die Rohrleitung hin ermöglicht wird. Die untere Verschlußmutter dient zur Entleerung der Rückflußleitung.

Das Röhrensystem besteht nach der oben gegebenen Beschreibung:

1) aus den Herd- und Ofenspiralen;
2) aus den Röhren zur Ofen- und Pumpenmontierung;
3) aus den Transmissionsröhren;
4) aus den eingebetteten oder toten Röhren.

Die Öfen und deren Montierung.

Auf Taf. 36, Fig. 1—4 ist ein von J. L. Bacon in Berlin konstruierter Ofen für Hochdruckheizung dargestellt. Die Ofenspirale bildet eine sogenannte „geschlossene Schlange“, nämlich ein Oblongum mit abgerundeten Ecken, welches im Grundriß die gewöhnliche O-Form erhalten hat. Im hintern Teil der Schlange befinden sich die Muffenverbindungen des Rohres. Wenn zwischen den Rohrwindungen Spalten nicht bleiben sollen, so werden die hinteren Spiralen abwechselnd in langer und kurzer Windung verlegt, wobei Raum für die Muffe verbleibt. Formveränderungen der Heizschlange werden durch vier gußeiserne Ständer vermieden, in welche die Rohre eingelegt sind. Zwischen dem vordern Teil der Schlange befindet sich der Rost a und vertikal über demselben der Füllschacht, durch welchen das Brennmaterial (Koaks) auf den Rost hinabgeschüttet wird. Die Einschüttöffnung ist mit dicht schließendem Deckel und Einschüttzarge versehen und das Feuer wird in bekannter Weise geschichtet und entzündet; jedoch soll Anfangs die Hitze im Brennraume nur mäßig gesteigert und später erst auf ihr Maximum gebracht werden. Hierbei passieren die brennenden Rauchgase zunächst die Feuerbrücke g, bespülen die Feuerschlangen an der inneren Seite, gelangen in den Zug c, wo sie — sich nach vorn bewegend — in dem Zuge d die Spirale von außen bespülen und ziehen in der Richtung der Pfeile nach dem Schornstein e. An dieser Stelle ist der Zug verengt und durch den Rauchschieber i regulierbar.

Um den Rost a von Schlacken befreien zu können, ist derselbe als Kipprost konstruiert, d. h. er ist um eine horizontale Achse r r drehbar und läßt sich mittels des Hebels s in eine um 90° gedrehte Lage herabschlagen, wobei die Schlacken in den Aschenraum fallen.

Das Ausrußen der äußeren Züge d, d geschieht mit Hilfe der vier Verschlußkapseln d', d'. Der innere Brennraum wird gereinigt nach Herumschlagen des Rostes teils vom Aschenraum, teils von der Inspektionsthür k her, indem mit der Bürste die Rohre sorgfältig abgeputzt werden. Angesammelte Rußteile und Flugasche fallen dann abwärts und werden mit der Kratze herausgezogen, wobei man auch die Vorsetzthür im hinteren Aschenraum zu öffnen hat. Diese Reinigung der Heizschlangen und der Züge wird durch die Natur des verwendeten Brennstoffes bedingt und muß in Pausen von 4—8 Wochen erfolgen. Geschieht dies nicht, so verringert sich der Heizeffekt, es findet unnützer Verbrauch von Brennmaterial statt und der Rost brennt leicht durch.

Zur Füllung des Apparates mit dem erforderlichen Wasserquantum sind am Rücklaufrohr Taf. 36, Fig. 1 zwei Füllrohre n und n' angebracht, welche in Verbindung mit dem sogenannten Durchpumphahn l in Funktion treten. Eine vollkommene Füllung des Systemes ist nämlich vom Füllstutzen des Expansionsrohres her nicht zu erreichen (es würde irgendwo in den Rohrwindungen Luft zurückbleiben). Um dies zu verhindern, setzt man an das unterste Füllrohr n eine Füllpumpe an, und pumpt durch dieselbe Wasser in die Rohrleitung. Das Wasser nimmt nun seinen Weg zuerst durch die Ofenspirale[1]), steigt dann bis zum höchsten Punkte der Leitung, durchläuft sämtliche Zimmerrohre und Spiralen und kehrt endlich nach dem Heizraum zurück, wo es durch das obere Füllrohr n' herausströmt. Die Füllrohre sind beim Durchpumpen gegen einander mittels des Durchpumphahnes l abgeschlossen; andernfalls würde das Wasser von einem Füllrohr zum anderen gehen, ohne die ganze Leitung zu passieren.

Hat man sich überzeugt, daß bei fortgesetztem Pumpen die an den Rohrwänden adhärierenden Luftblasen von dem Wasserstrahl fortgerissen worden sind, so kann das System als gefüllt angesehen und mit der Heizung begonnen werden.

Das Nachfüllen. Trotz der Dichtigkeit der gezogenen schmiedeeisernen Rohre dringt unwahrnehmbar durch die Poren des Eisens der Wasserdampf nach außen, das Wasserquantum wird geringer und die höchsten Stellen der Etagenleitungen füllen sich mit Luft an, welche vorher vom Wasser absorbiert war. Es dokumentiert sich dies zuerst durch starkes Rauschen in den Röhren beim Anheizen und später durch heftiges Schlagen gegen die Rohrwandungen. Solche Geräusche haben immer ihren Grund in Cirkulationsstörungen und wenn der Heizer nicht für Entfernung der stagnierenden Luft sorgt, so wird die Cirkulation gehemmt und das Rohr an der mit Luft gefüllten Stelle überhitzt, was namentlich dann gefährlich werden kann, wenn dieser Rohrteil im Ofen liegt.[1])

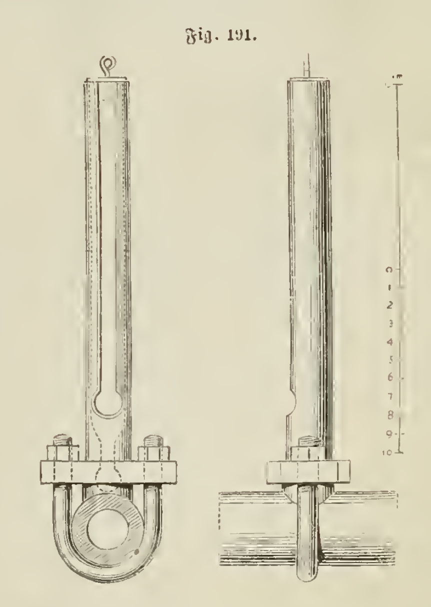
1) Hierbei hat man auch die Gewähr, daß allerlei Unreinigkeiten, welche sich von den Rohrwandungen ablösen, sich nicht in der Ofenschlange festsetzen, sondern vom Wasserstrom nach oben fortgetragen werden und durch das Rohr n' abfließen.

Anm. Gewöhnlich gelingt es durch Lüften der Kapselschraube, am Fußstutzen des Expansionsrohres die Luft aus der Leitung zu entfernen; wenn dagegen ein Expansionsreservoir mit Druckventil vorhanden ist, so wird das letztere öfter vorsichtig einen Moment lang gehoben (wie Fig. 184 verdeutlicht). Hierbei giebt sich das Ausströmen der Luft durch heftiges Aufsteigen von Luftblasen zu erkennen. Ist aber der Apparat auf solche Weise nicht luftfrei zu machen, so ist ein Durchpumpen desselben erforderlich, was in der oben beschriebenen Art geschieht, in der Regel aber nur in Abständen von 1 bis 2 Jahren sich als nötig herausstellen wird.

Bei Expansionsrohren erfolgt das Nachfüllen durch den seitlichen Füllstutzen bis zur Linie des normalen Wasserstandes w, w Fig. 187, und ist dazu zweiwöchentlich etwa $^1/_2$ l Wasser erforderlich. Bei dem auf S. 134 dargestellten Doppelventile, Fig. 184, geschieht die Füllung ganz selbstthätig.

Um den Heizer in den Stand zu setzen, daß er die Temperatur am Steigerohr beobachten könne, ist an demselben eine Kapsel in Form einer offenen Hülse angebracht, welche mittels einer Schraubenzwinge auf dem Steigerohr festgehalten wird und zur Aufnahme eines Thermometers dient, dessen Glaskugel in ein Ölbad[2]) eintaucht. Fig. 191.

Fig. 191.



1) An der glühenden, mit Wasser nicht gefüllten Stelle der Spirale bildet sich dann Glühspan, dieser fällt ab, das Rohr verliert Wandstärke und wenn sich in Berührung mit dem Wasser die Dampfspannung plötzlich erheblich steigert, kann das Rohr gesprengt werden. Mit starker Detonation öffnet sich dann die Schweißnaht auf 20 bis 30 cm Länge und das Wasser strömt in Dampfform aus — gewöhnlich nur ein kleiner Teil, weil der größere Teil in der Röhre durch den Luftdruck zurückgehalten wird.

2) Die Fabrikanten Ahl & Poensgen in Düsseldorf haben ein Quecksilberbad für diesen Zweck verwendet (vergl. Fischer: das Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim in der Zeitschrift d.

An dieser Stelle soll die Temperatur des Rohres das vorgeschriebene Maximum von 150° in der Regel nicht übersteigen.

Die Firma J. L. Bacon in Berlin verwendet bei den von ihr gebauten Heizanlagen ein sinnreich konstruiertes Zeiger-Thermometer zur Ablesung der Wassertemperatur. Das aus Messing konstruierte kreisrunde Thermometergehäuse hat einen Durchmesser von 135 mm und wird bei wagrechten Heizröhren nach Fig. 192 und bei senkrechten Strängen nach

Fig. 192.

Fig. 192 a.

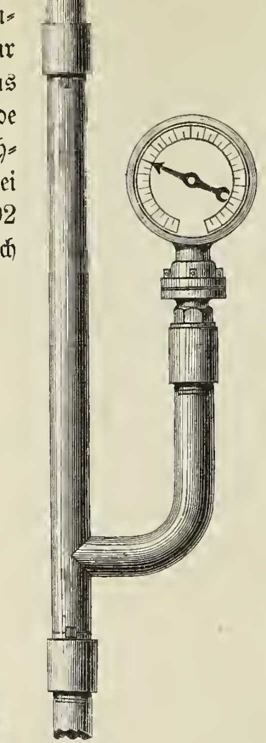


Fig. 192 a mit der Rohrleitung verbunden. Das Zifferblatt hat einen Durchmesser von 100 mm und ist in 200 Grade eingeteilt, welche dem hundertteiligen Thermometer entsprechen. Der Maßstab ist ein so großer, daß der Heizer von seinem Platz aus mit Bequemlichkeit noch Halbe- und Viertelgrade abzulesen imstande ist. Die Wassertemperatur wird gemessen durch die Längenveränderung eines mit dem Gehäuse des Thermometers verbundenen, unten geschlossenen Messingrohres von 20 mm Durchmesser, welches in Rohrabzweig (Fig. 192 resp. 192 a) — d. h. in das erhitzte Wasser eintaucht. Ein in demselben frei stehender Stab von Porzellan dient aber als Stützpunkt für einen stählernen Winkelhebel, welcher die Längenveränderungen direkt auf ein Zahnsegment und durch dieses auf die Zeigerwelle überträgt und dadurch den Zeiger des Thermometers bewegt.

Öfen für gekuppelte Systeme. Bei der Beheizung eines Gebäudes von einiger Ausdehnung zieht man vor — selbst dann, wenn die Räume nur in einer Etage liegen — die Länge des Heizrohrsystems nicht über das früher angegebene Maß von 150—200 m auszudehnen, denn zu große Ausdehnung des Rohrsystems hat den Nachteil, daß die ganze Leitung außer Thätigkeit gesetzt werden muß, sobald an einem Punkte Reparaturen erforderlich werden. So sind zur regelrechten Erwärmung des auf Tafel 40 dargestellten Wohngebäudes vier Systeme mit zusammen 430 m Transmissionsrohr angeordnet worden. Je zwei Systeme haben eine gemeinsame Feuerschlange, der Ofen also zwei Schlangen, und die Kuppelung der vier Systeme geschieht nach dem Schema Fig. 211. Die beiden Schlangen (Fig. 193 und 193 a) sind langgestreckt, 1,57 m lang, 0,30 m breit und in 0,30 m Abstand gestellt. Der Füllschacht liegt teils im Mauerwerk, teils wird er durch einen geneigten Rost b gebildet, an welchen sich ein schmaler Planrost a mit Kippvorrichtung anschließt. Der Brennstoff (Koaks) kann ziemlich hoch geschichtet werden; die Feuergase bewegen sich nach dem Passieren der Feuerbrücke erst im mittleren Zuge d nach hinten und dann, die äußere Windung der Schlangen bespülend, an der Stirnwand aufwärts, um sich im Fuchs h zu vereinigen und in den Schornstein zu ziehen.

Die Bewegung der Verbrennungsgase längs der Spirale ist derjenigen des cirkulierenden Wasserstromes in der Spirale entgegen gerichtet (Gegenstrom-Heizung).

Die sonstigen Anordnungen weichen nicht erheblich von der auf Taf. 36 dargestellten Ofenkonstruktion ab. Zur

Fig. 193.

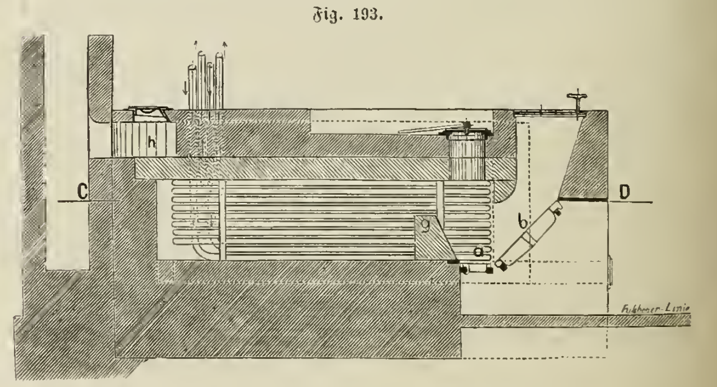
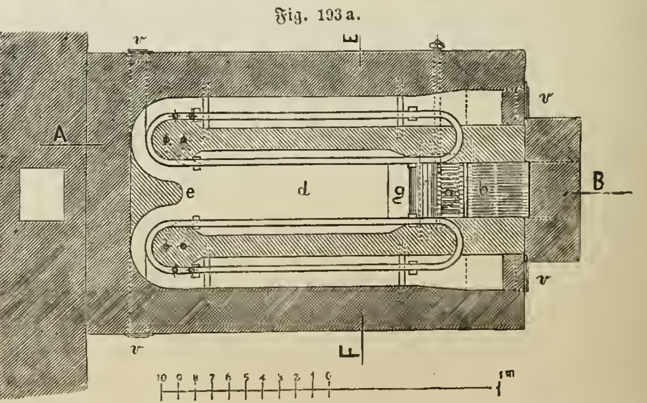


Fig. 193 a.



Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover), welches die Temperatur des eingeschlossenen Wassers annähernd genau zeigt: es ist aber zu befürchten, daß die Quecksilberdämpfe gefahrbringend für den Heizer werden können.

Entrußung der Züge dienen Reinigungskapſeln v. Die oberen Züge ſind durch den Verſchlußdeckel kontrolirbar.

Tafel 37 ſtellt einen von der Firma J. L. Bacon ausgeſtellten Ofen neueſter Konſtruktion im Grundriß, Längenſchnitt, Querſchnitt und in der Vorderanſicht dar. Derſelbe iſt als Füllfeuerung konſtruiert und enthält zwei oblonge Heizſchlangen mit abgerundeten Enden. Die Windungen der Schlangen ſetzen ſich bis dicht an den ſchrägen Roſt a (Fig. 1) fort, wodurch der Brennraum ſeitlich vollſtändig abgeſchloſſen wird. Dadurch ergiebt ſich das höchſte Maß der Ausnutzung des Brennſtoffs, denn die vorderen Enden der Feuerſchlangen bleiben in ſtetem Kontakt mit dem glühenden Brennmaterial und die aus demſelben entwickelten Feuergaſe werden ſo geführt, daß ſie jedes einzelne Rohr der Schlange in ſeinem vollen Umfange beſpülen. Hierbei nehmen die Verbrennungsprodukte, ſobald ſie die Feuerbrücke paſſiert und ſich an der Zunge c in zwei Parallelſtröme geſpalten haben, ihren Weg in der Richtung der im Grundriß eingezeichneten Pfeile, wobei ſie im II. Zuge die äußeren Hälften der Heizſchlangen berühren und an dieſe ihre Verbrennungswärme abſetzen. Da die Richtung der Heizgaſe entgegengeſetzt iſt derjenigen des Waſſers in den Heizſchlangen, ſo iſt auch Gegenſtromheizung vorhanden. Nachdem die Gaſe den Zug II paſſiert haben, ſteigen dieſelben zu beiden Seiten vertikal empor nach der Richtung der Pfeile (vgl. Fig. 2) und durchſtreichen den Feuerkanal III, durch den ſie nach dem Schornſtein gelangen. Zur Zugregulierung dienen die Schieber s, s, welche von der Stirn des Ofens aus nach Bedarf eingeſtellt werden können.

Behufs Entrußung der Feuerzüge wird die Aſchenthür geöffnet, es werden die Stäbe des ſchrägen Roſtes herausgenommen und die auf Träger von Rundeiſen gelagerten Feuerſchlangen mit der Bürſte ſorgfältig abgeputzt, wobei der Ruß auf den Boden des Zuges I hinabfällt und mit der Kratze herausgezogen werden kann. Zu dieſem Zwecke iſt die hintere Vorſetzthür im Aſchenraume herauszunehmen. Die Feuerzüge II ſind zugänglich durch die in Fig. 2 und 4 mit v bezeichneten Reinigungskapſeln.

Zur Entleerung des Planroſtes von Schlacken und Aſchenrückſtänden iſt derſelbe wieder als Kipproſt konſtruiert.

Die Steigerohre befinden ſich bei dieſer Ofenanordnung direkt über der Feuerbrücke; die Rückflußrohre kehren (vgl. Grundriß Fig. 1) zu beiden Seiten des Roſtes in die unterſten Windungen der Ofenſchlangen zurück. — Die Formveränderung der Ofenſpiralen wird durch übergeſchobene Zwingen verhindert.

Eine, von der vorſtehenden abweichende, Anordnung wendet der Ingenieur **Johannes Haag** in Augsburg an, derart, daß ein Roſt zur Erhitzung von zwei geſonderten Ofenſpiralen dient. Von dem Roſte (vgl. Fig. 194 bis 196) ziehen die Feuergaſe über die Feuerbrücken b, b, durchſtrömen die doppelten, O-förmigen Schlangen, welche alternierend verlegt ſind, ſo daß eine möglichſt vollſtändige Berührung des Rohrumfanges mit den Rauchgaſen erlangt wird, und ſtrömen endlich durch die Öffnung am Boden der Rohrkammer abwärts in den gemeinſamen Rauchkanal. Die Schlangen ruhen mit ihren unteren Enden auf zwei ſtarken eiſernen Balken in einer aus Chamottegemäuer hergeſtellten Kammer, an deren Boden durch Droſſelklappen k die Verbindung mit dem Rauchkanal nach Bedürfnis reguliert oder ganz abgeſperrt werden kann, wenn etwa das eine Syſtem

Fig. 194.

Fig. 195.

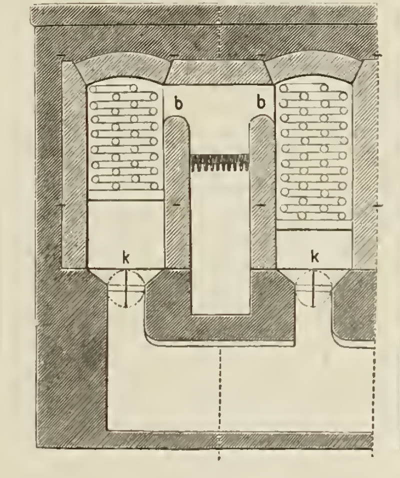
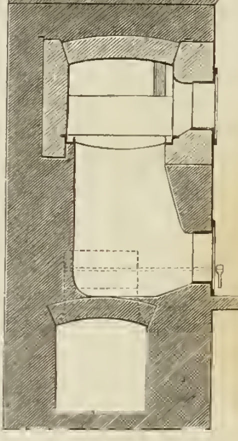


Fig. 196.



von der Beheizung ausgeſchloſſen werden ſoll. Zur Abſperrung einzelner Feuerſchlangen dienen eingeſchaltete Ventile. — Die Rohrkammern ſind durch eiſerne Thüren in voller Höhe abgeſchloſſen, um bei Reparaturen ſofort eine Auswechſelung ſchadhafter Teile bewirken zu können.

Folgerungen. Die Bewegungsrichtung der Feuergaſe in dem Haag'ſchen Ofen iſt nach abwärts, und die des Waſſerſtromes nach oben gerichtet: aber die Gaſe ſtreichen im rechten Winkel gegen die Röhren und daher iſt reine Gegenſtrom-Heizung nicht vorhanden. Das Umſpülen der Rohre kann zwar frei erfolgen, aber es wird vorwaltend nur die obere Rohrhälfte durch direkte Flammenberührung erhitzt und der Weg der Verbrennungsprodukte iſt ein ſo kurzer, daß die Gaſe mit ziemlich hoher Temperatur zum Rauchkanal entweichen. — Die Reinigung der Öfen iſt dagegen

leicht und bequem und — worauf ein großer Wert gelegt werden muß — das Ausschalten schadhafter Schlangen ohne Schwierigkeiten erreichbar.

Die unzweckmäßige, wenn auch Raum sparende, Aufwickelung der Ofenröhren in mehr oder weniger dicht geschlossene cylindrische Spiralen, bei denen immer nur ein Teil der Oberflächen vom Feuer umspült wird, ist bei der, von **Carl Schinz** (in Dingler's polytechnischem Journal, Jahrg. 1876) mitgeteilten, und in Fig. 197 und 198 mit geringen Modifikationen dargestellten Ofenkonstruktion umgangen. — Hier ist ein System paralleler, doppelter Flachschlangen in der Art angeordnet: daß den Rauchgasen auf einem langen Wege in den Feuerzügen die Wärme möglichst vollständig entzogen wird; da die Röhren

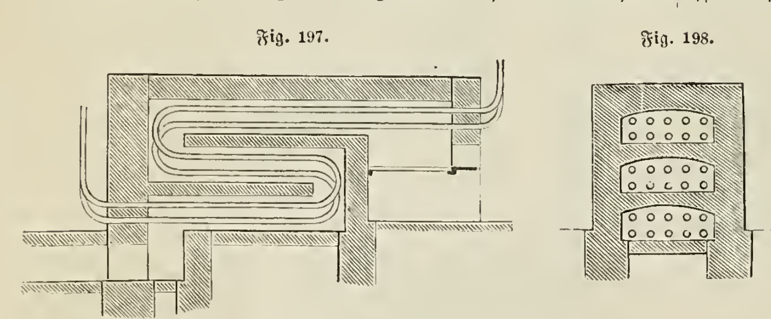


Fig. 197. Fig. 198.

an ihrem ganzen Umfange vom Feuer bespült werden, so findet auch eine gleichmäßigere Abnutzung und vermehrte Wärmeabsorption statt. Endlich ist das Gegenstromprinzip vollständiger als bei allen vorhergehenden Konstruktionen erfüllt.[1]) Als Brennstoff kann außer Koaks auch Steinkohle benutzt werden, weil das Brennmaterial mit den Röhren gar nicht in Berührung kommt. — Das Reinigen und Ausrußen der Rohrzüge erfolgt durch Öffnungen mit Kapselverschluß in den Stirnwanden. Das Auswechseln schadhafter Schlangen ist allerdings ohne Deformation des Ofens nicht angänglich.

Geschichtliche Anmerkung. Einen Ofen mit flachen Feuerspiralen (welche die Engländer grid-iron nennen) haben schon die Ingenieure Perkins und Bacon beim Bau der Heizanlagen für die von Gilbert Scott erbaute Nicolaikirche zu Hamburg angewandt. Der Durchschnitt ihres Ofens zeigt allerdings an Stelle der von Schinz angeordneten massiven, horizontalen Zungen, solche von Eisenblech; aber auch diese genügen, um die Feuergase zu leiten und deren Weg zu verlängern. An den Ofen schließt eine gewölbte und von Flachschlangen durchzogene Luftheizkammer. Diese Kirchenheizung bildet eins der frühesten Beispiele des kombinierten Systems der Wasser-Luft-Heizung.

---

1) Der Schinz'sche Ofen ist übrigens von J. Haag in Augsburg aufgenommen und vorteilhaft ausgebildet worden. Vergl. H. Fischer: Bericht über die Heizungs- und Ventilationsanlagen zu Cassel in Dingler's polyt. Journal, Jahrg. 1877. — Auch J. und F. Röbbelen in Dresden benutzen den Ofen mit Flachschlangen und Gegenstrom.

Die Länge der Feuerschlangen bildet bei Anlage der Heißwasserheizungen eine Frage von erheblicher Wichtigkeit. Offenbar ist dieselbe abhängig von der Cirkulations-Geschwindigkeit und der Wärmeabsorption im Ofen und kann daher, wie die Kesselfläche der Niederdruckheizungen, theoretisch ermittelt werden.

Da ein Quadratmeter Kesselfläche nach Redtenbacher bei 1° Temperaturdifferenz stündlich 59,35 Wärmeeinheiten aufnimmt, so werden von einem laufenden Meter Perkinsrohr von 22 mm Lichtweite und 69 mm Umfang stündlich absorbiert:

$$59{,}35 \times 0{,}069 = 4{,}09 \text{ Wärme-Einheiten},$$

vorausgesetzt, daß das Rohr überall frei vom Feuer umspült ist, eine Unterstellung, die freilich bei den gewöhnlichen Herdkonstruktionen (welche ein möglichst nahes Zusammenlegen der Röhren erstreben) nicht zutrifft, mit alleiniger Ausnahme der zuletzt besprochenen Anordnung mit Flachschlangen.

Carl Schinz hat in Dingler's polyt. Journal, Jahrg. 1876 die Größe der Wärmeaufnahme im Ofen durch Rechnung bestimmt, unter Annahme folgender hohen Temperaturen:

T' Initialtemperatur der Gase im Ofen . . . . 1400° C.
T'' Endtemperatur derselben beim Eintritt in den Schornstein . . . 300° C.
t'' die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr . . . . 250° C.
t' die Temperatur, mit welcher das Wasser in den Ofen zurücktritt . . . . . 60° C.

woraus die mittlere Temperaturdifferenz im Ofen

$$T - t = \frac{T' + T''}{2} - \frac{t' + t''}{2} = 695^\circ$$

und die Wärmeaufnahme eines lauf. Meter Perkinsrohr von 22 mm innerem Durchmesser:

$$695 \times 4{,}09 = 2842 \text{ Wärme-Einheiten}.$$

Bezeichnet nun W die stündlich erforderte Wärmemenge und L die Länge des Rohres im Ofen, so ist

$$L = \frac{W}{2842} \text{ Meter}.$$

Dieses Resultat ist noch mit einem Fehler behaftet, weil das Ofengemäuer aus dem Verbrennungsraum und den Feuerzügen Wärme aufnimmt und an die umgebende Luft etwa $\frac{1}{4}$ der vom Brennmaterial producierten Wärme zerstreut, wodurch die mittlere Temperaturdifferenz T—t eine geringere wird. Die Länge der Ofenschlangen ist daher — wie die Rechnung erweist — noch um 10% zu verlängern, woraus als Endergebnis folgt:

daß als Länge der Ofenschlange (System Schinz) nur $\frac{1}{15}$ der Gesamtrohrlänge erforderlich ist.

In der Praxis wird, wie bereits erwähnt, die Länge der Ofenschlangen erfahrungsmäßig festgestellt, nämlich:

für geschlossene Schlangen = 10—12% der Gesamtrohrlänge,
„ offene „ = 13—15% „ „

Die Transmissionsröhren.

Die Heizrohrleitung beginnt am oberen Ende der Ofenschlange und steigt von hier bis zu demjenigen Geschoß auf, welches geheizt werden soll. Ein Teil der Wärmeröhren wird entweder nach Fig. 185 am Fußboden längs der Umfassungsmauern der Räume hingeleitet[1]) und dort durch gußeiserne Stühle oder Konsole unterstützt, oder (Fig. 186) in den Fußboden eingesenkt und mit durchbrochenen gußeisernen Platten abgedeckt. Ein anderer Teil der Röhren wird — falls Zu- und Rückleitung nicht genügen, um das Zimmer zu erwärmen — entweder

a) als Flachschlange, d. h. als ein in einer vertikalen Ebene liegender Registerzug, Fig. 199a und 199b, in

Fig. 199a.

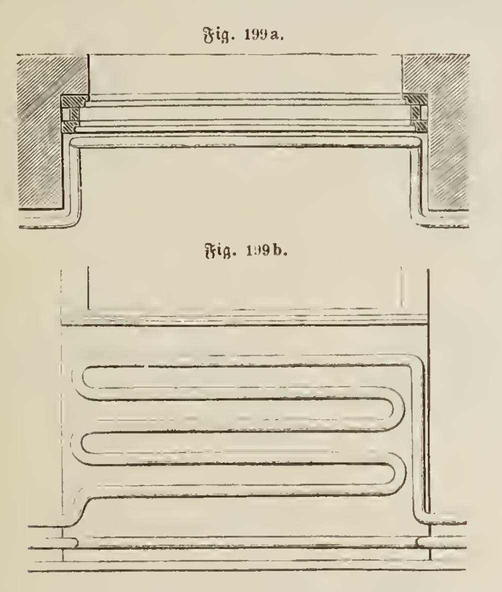


Fig. 199b.

der Fensterbrüstung unterhalb des Fensterbrettes angebracht, oder

b) zu einer länglich cylindrischen Spirale (Figur 200a und 200b) zusammen gewickelt, die dann in der Fensternische, zuweilen auch frei im Zimmer Aufstellung findet und mit einem mehr oder weniger reichen Mantel umgeben ist. Die cylindrischen Spiralen bieten gute Gelegenheit zur Herstellung einer Zimmerventilation. Es wird dazu in der Mauer am Fußboden ein Kanal angelegt, und durch diesen und die Höhle der Spirale ein Blechrohr geschoben, welches in den Kasten d einmündet. Die frische Luft strömt bei a ein, steigt in dem Kasten d auf und tritt, durch das im Fensterbrett angebrachte Gitter erwärmt, in den Zimmerraum ein. Nebenher tritt auch Zimmerluft durch das Gitter f in den Kasten, bestreicht direkt die Spirale, welche im Durchschnitt sichtbar wird und steigt gleichfalls durch das Gitter c ins Zimmer zurück. Der Apparat vereinigt also Ventilation und Cirkulation. Wenn durch den angebrachten Knopf die Drosselklappe b horizontal eingestellt wird, so ist der Zutritt frischer Luft zu d abgesperrt und bleibt allein die Cirkulation in Thätigkeit.

Fig. 200a.

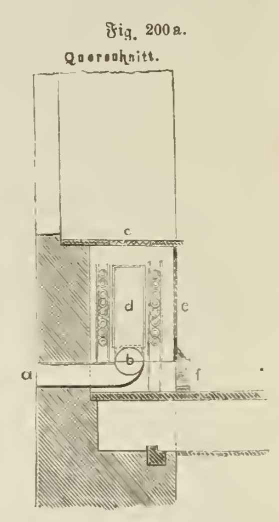
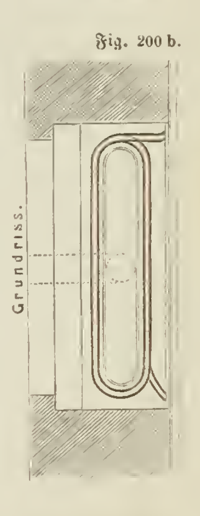


Fig. 200b.



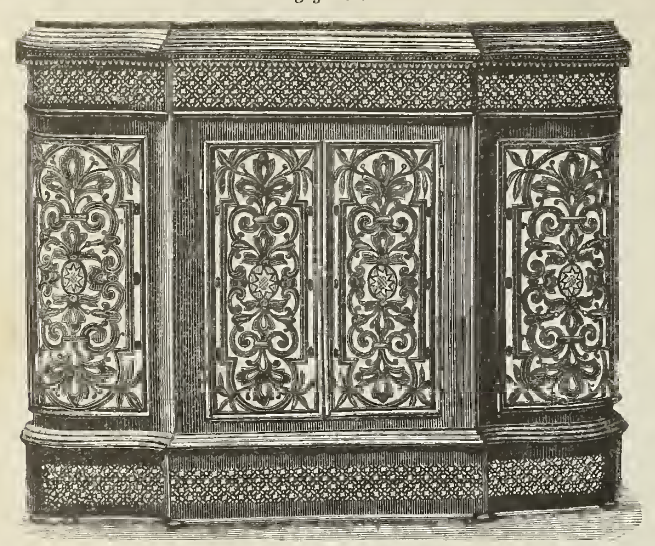
Muß die Heizrohrspirale etwa in der Ecke des Zimmers, an der Fensterwand Aufstellung finden, so wird die Heizkörper-Verkleidung im Grundriß entsprechend gestaltet und als Eckspindchen mit durchbrochenen Füllungen ausgebildet. Dasselbe stellt dann einen Wärmofen dar, der reichlich Wärme an die Zimmerluft abgiebt und die frische Luft kann, wie im vorhergehenden Falle, direkt durch die Frontwand zutreten.

Kann die Heizspirale nur an der Mittelwand plaziert werden, so muß man die frische Luft entweder horizontal in der Zwischendecke oder vertikal, d. h. in ausgesparten Luftkanälen, die in der Mittelwand angelegt sind, zuführen, ähnlich wie Fig. 209 darstellt. Wird die Klappe a geschlossen und der Sockel der Heizkörper-Verkleidung geöffnet, so cirkuliert die Zimmerluft aufwärts und strömt erwärmt unter dem Fensterbrett aus. Wird a geöffnet und das Sockelgitter geschlossen, so tritt nur frische und erwärmte Luft in das Zimmer. Ist endlich die Zimmertemperatur zu hoch,

1) Es hat sich der Gebrauch herausgebildet, vorwaltend die Fensterwand zur Unterbringung der Heizrohrleitung zu benutzen, weil die drei übrigen Umschließungswände der Wohnräume gewöhnlich Thüröffnungen erhalten, an denen man gezwungen ist, die Rohre abwärts zu ziehen und in Blechkanälen innerhalb des Fußbodens unterzubringen. (Vergl. Thürübergänge.) In Eckzimmern mit zwei freien Fensterwänden ist der Rohrbedarf meist leichter zu plazieren, und wenn ein Rohrstrang mit Rücklaufrohr nicht genügt, werden dann doppelte Stränge verlegt (wie u. A. in der Aula des Adreaneum zu Hildesheim). Solche Anordnung erfordert aber — um die Rohrleitung zu verdecken — ein mindestens 40 cm hohes durchbrochenes Wandpaneel, wodurch die Anlage erheblich verteuert wird. — In Räumen von untergeordneter Bedeutung kann das vergitterte Rohrpaneel gespart werden.

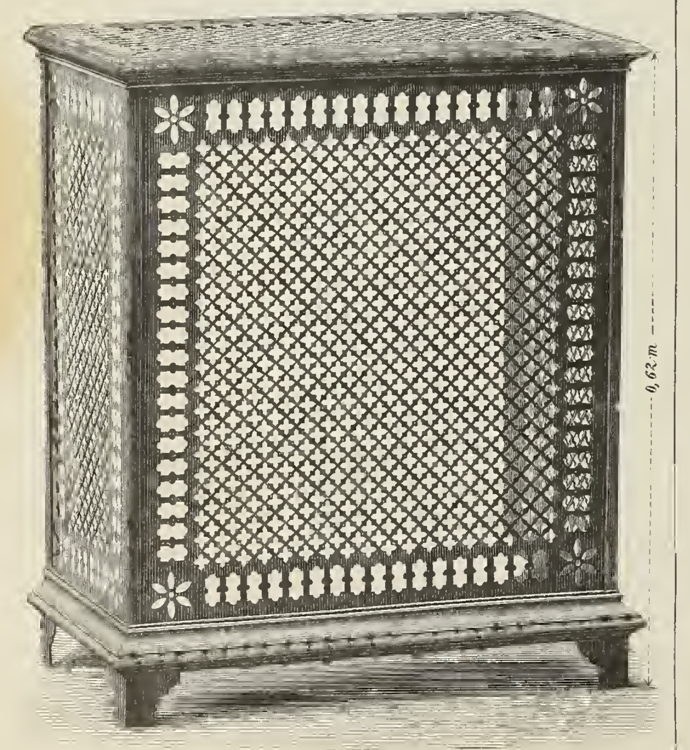
so strömt die kalte Luft hinter die Spirale und die frische, ungewärmte Luft ins Zimmer. — Bei Nacht wird a geschlossen gehalten.[1])

Fig. 201.



Auch den ästhetischen Anforderungen, welche an die Heizkörper-Verkleidung gestellt werden können, suchen

Fig. 202.



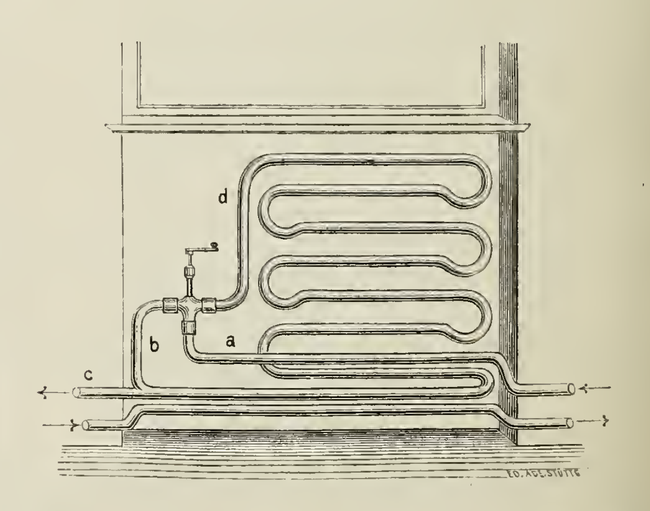
die Fabrikanten dieser Branche voll zu genügen. Hölzerne Zierverkleidungen werden, da diese wenig haltbar sind, gegenwärtig selten verwendet; dagegen werden u. A. von dem Hoflieferanten Gärtler in Darmstadt recht geschmackvolle Muster in Gußeisen, Cuivrepoli, Kupfer geliefert. — Fig. 201 stellt eine in Cuivrepoli ausgeführte Heizkörper-Verkleidung mit abgerundeten Ecken dar.

Da die Herstellung in Kupfer oder Messing zu teuer ist und gußeiserne Gehäuse das Gebälk unnötig belasten, so wählt man neuerdings mit Vorliebe zur Herstellung der Heizkörper-Verkleidungen durchlochte Eisenbleche, sog. Gitterbleche von 1—2 mm Blechstärke, oder perforierte Bleche mit Pressung und einer Eckverstärkung durch schmiedeeiserne, profilierte, hohlgezogene Rahmen, wie Fig. 202 darstellt. Derartige Gehäuse sind haltbar, leicht und billig und werden von der Firma Th. Schmidt & Herkenrath in Berlin als Spezialität fabriziert. Diese Fabrik liefert auch kaminartige Heizkörper-Verkleidungen mit Aufsatz ganz aus Schmiedeeisen.

Für untergeordnetere Räume, Bureaus u. s. w. werden vielfach Verkleidungen aus feingewelltem Eisenblech mit profiliertem schmiedeeisernen Rahmen angewendet.

Absperrhähne. Flachschlangen und cylindrische Spiralen werden gewöhnlich in der Weise eingerichtet, daß das Wasser zwar in den Windungen cirkuliert, daß die letzteren aber auch von der Cirkulation ausgeschlossen werden können.

Fig. 203.



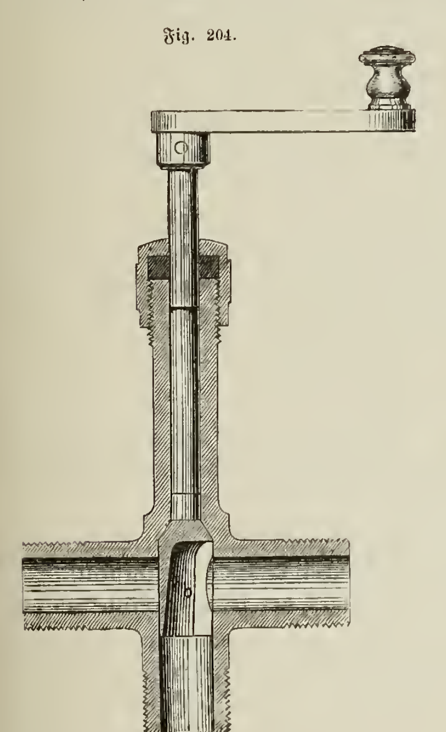
Es geschieht dies durch den in Fig. 203 dargestellten Absperrhahn. Bei entsprechender Stellung des Löffels l in Fig. 204 wird dann das Wasser verhindert den Weg durch die Spirale zu nehmen und gelangt aus dem Rohre a durch die Biegung b wiederum in die Fortsetzung c des Fußbodenrohres. Fig. 204 stellt den Durchschnitt des Hahnes dar, der durch eine Kurbel k bewegt wird. Um die Kurbel jederzeit zugänglich zu machen, ist die vergitterte Füllung des Fensterpaneels in Charnieren um die untere

1) Vergl. Friedrich Paul, Heiz- und Lüftungstechnik Fig. 187.

Kante drehbar und oberhalb durch einen Zungeneinreiber festgestellt.

Bei der von Joh. Haag eingerichteten Heißwasserheizung der Bürgerschule V, in der Koflergasse zu Wien, besteht die Heizrohrleitung sogar aus zwei getrennten Teilen. Der eine Teil enthält die Systeme der Fußbodenrundrohre und hat die Wärme zu ersetzen, welche durch Wand- und Fenstertransmission verloren geht, der andere Teil hat die frisch eintretende Ventilationsluft mittels der Spiralöfen zu erwärmen. Je nach dem Stande der Außentemperatur kann man also mit den Rundrohren allein, mit den Spiralen allein, oder mit beiden zugleich heizen.

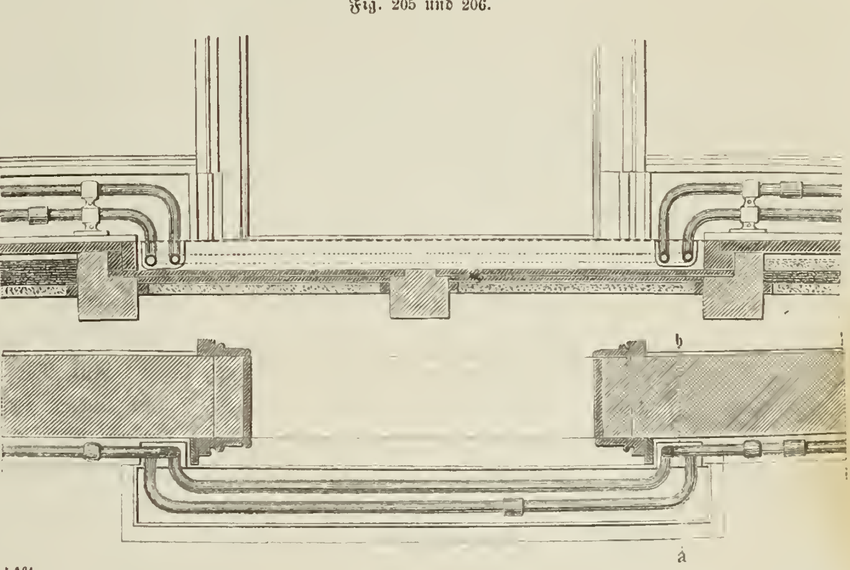
Fig. 204.



einander verlegt, endlich nach Aufbringen der Dielen mit durchbrochenen gußeisernen Platten abgedeckt. Hierdurch werden die Rohre für die Transmission wirksam gemacht, was nicht erfolgen kann, wenn die Rohre „verpackt", d. h. unter die Dielung verlegt und in Lehm oder Leroi'sche Patentmasse eingehüllt sind. Dieses Verfahren wendet man dagegen bei Thüren, welche aus den Zimmern oder Vestibulen ins Freie führen, an, um das Einfrieren der Rohre zu vermeiden. (Vgl. Taf. 38.)

Das Unterbringen der Transmissionsrohre in Kanälen. Hierbei kommen Rücksichten der Reinhaltung in Betracht, denn es liegt stets die Gefahr nahe, daß von der Dienerschaft der Staub in die Rohrkanäle gefegt wird und sich dort anhäuft, wodurch die Transmission verringert und bei starker Erhitzung leicht ein lästiger, brenzlicher Geruch verbreitet wird. Dies kann zwar vermieden werden

Fig. 205 und 206.

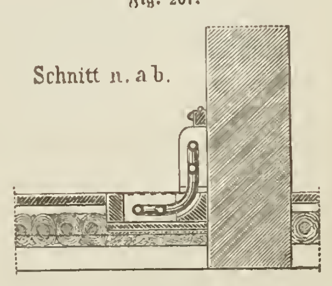


Folgerungen. Neben der Erwärmung können daher bei Heißwasserheizungen auch die Zwecke der Ventilation sehr wohl erreicht werden und das Funktionieren des Apparates ist lenksam genug, um eine normale Beheizung, wie sie dem herrschenden Grade der Lufttemperatur entspricht, möglich zu machen. Daß dem vorübergehenden Minderbedarf an Wärme während einzelner Tagesstunden durch Unterbrechung der Heizung leicht Rechnung getragen werden kann, wurde bereits erwähnt und ist in den „Anwendungen" noch näher zu begründen.

Thürübergänge. Um mit den, hinter Sockelleisten verdeckt angebrachten, Transmissionsrohren an den Thüröffnungen vorüberzukommen, werden die Rohre abwärts gezogen, wie Fig. 205 und 207 zeigt, dann horizontal gekröpft und in eine Rinne von Schwarzblech, welche bündig mit den Balken in die Zwischendecke eingelassen ist, neben

durch öfteres Aufheben der Platten und Entfernung des Staubes mittels eines Blasebalges. Da aber auch die

Fig. 207.



Dielung infolge der starken Wärmestrahlung bald zu schwinden beginnt, so pflegen die Abdeckungsplatten zu klappern, was wiederum fatal ist: diese Gründe sprechen sämtlich für Unterbringung der Rohre hinter vergitterten Sockelleisten.

Anwendungen.

§ 54.

I. Auf Taf. 38 geben wir in Fig. 1—5 eine ältere Anlage des Warmwasser-Niederdrucksystems zur Beheizung des Schulhauses zu Westerwik in Schweden (nach Mitteilungen von E. A. Wiemann).

Aus dem im Keller aufgestellten Kessel steigt das warme Wasser in dem vor Abkühlung geschützten Steigerohr zum Dachraum auf und mündet dort in den Boden des Expansionsgefäßes ein. Von hier geht das Hauptverteilungsrohr, ebenfalls gut verkleidet, in der Mittellinie des Gebäudes und über dem Fußboden des Dachraumes entlang, wie in Fig. 1 durch punktierte Linien angedeutet ist. — Die Zuführungsrohre für die verschiedenen über einander stehenden Öfen der drei Etagen zweigen sich von dem Hauptverteilungsrohre ab und fallen in den Korridoren bis zum Fußboden des Erdgeschosses hinab, um sich dort sämtlich in einem Hauptsammelrohr zu vereinigen, welches über dem Kellergewölbe unter dem Korridorfußboden entlang läuft und endlich durch ein Zweigrohr an den unteren Stutzen des Kessels anschließt. Alle Leitungsröhren sind von Gußeisen und haben 125, resp. 104 und 74 mm lichten Durchmesser erhalten; die vertikalen Rohre sowol, als das horizontale Sammelrohr sind mit Gitterplatten verdeckt, um die abgehende Wärme für den Korridor und das Treppenhaus nutzbar zu machen.

Zur Erwärmung der Zimmer sind Cylinderöfen aufgestellt, welche ihr Cirkulationswasser aus den Zuführungsröhren empfangen. Diese Öfen sind nicht von Luftröhren durchzogen, sondern bestehen aus zwei konzentrischen weiten Blechcylindern, zwischen denen das Wasser cirkuliert. Oben und unten sind diese Cylinder durch gußeiserne Ringe verbunden. Dicht über dem unteren Boden tritt das Wasser in den 74 mm breiten, ringförmigen Raum durch ein Rohr ein und durch ein zweites wieder aus; mittels der an den Röhren e angebrachten Regulierungshähne hat man es in der Hand, entweder alles Wasser, welches durch die Röhren strömt, oder nur einen Teil desselben durch die Zimmeröfen zu leiten, oder endlich durch eine dritte Hahnenstellung den Ofen ganz auszuschalten.

Die frische Luft gelangt durch Öffnungen der Außenmauer in einen Kanal im Fußboden und demnächst in den Hohlraum des Ofens, wo die Temperatur des Luftstroms sich erhöht und dieser oberhalb erwärmt ins Zimmer strömt. Der Luftzutritt kann durch Schieber geregelt werden. Endlich ist der Ofensockel mit einem Register versehen, um neben der Ventilation auch Cirkulation der Zimmerluft hervorrufen zu können.

Zur Abführung der verbrauchten Zimmerluft dienen Ventilationskanäle v, v innerhalb der Mauern, welche abwärts bis zum Fußboden des Kellergeschosses geführt sind. Hier wird die Luft gesammelt in einem, unter dem Korridor fortlaufenden, gewölbten Kanal, dessen Lage im Grundriß, Fig. 4, angedeutet ist; sie tritt sodann in den Aspirationsschacht, der durch das Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird. — In den Sommermonaten dient zu gleichem Zweck eine, am Fuß des Rauchrohres angebrachte besondere Feuerung (Lockfeuer).

Der Kessel ist mit einem Feuerrohr versehen; das Füllen des Apparates geschieht mittels einer Handpumpe, welche mit dem Rücklaufrohr kommuniziert und die Füllung des Apparates ist erwiesen, sobald aus dem im Expansionsgefäß angebrachten Signalrohr Wasser herausfließt. In Fig. 6 und 7 ist das Expansionsgefäß dargestellt. Sobald nun infolge der Erwärmung das Wasser sich ausdehnt und endlich über den Rand des Trichters steigt, fließt es durch diesen in das Signalrohr ab, welches im Kesselhause ausmündet.

Wenn andrerseits durch die Nachlässigkeit des Heizers das Expansionsgefäß leer wird, so hört die Wassercirkulation auf und es bildet sich Dampf im Steigerohr; dieser tritt endlich in das Signalrohr und giebt dem Heizer das Zeichen zum Anlegen der Pumpe.

II. Warmwasser-Mitteldruckheizung der neuen Realschule in Darmstadt, ausgeführt von **Rietschel & Henneberg** in Berlin und Dresden.

Auf Taf. 39 sind die Grundrisse des Souterrains und zweier darüber befindlicher Geschosse dargestellt. Im dritten und letzten Geschoß wird der frontale Mittelbau von der Aula eingenommen, die eine Centralheizung nicht empfangen hat. Die Anordnung der übrigen Räume dieser Etage bietet nichts Abweichendes von derjenigen im zweiten Geschoß und kann daher der entsprechende Grundriß entbehrt werden.

Mit Rücksicht auf die symmetrische Anlage des Gebäudes konnte jede Hälfte desselben ihren besonderen Wärme-Recipienten empfangen. Dieser besteht für die Warmwasser-Mitteldruckheizung aus je zwei gekuppelten Heine'schen Patentkesseln, deren Konstruktion in § 51 ausführlich beschrieben wurde. Jeder Kessel hat 17,53 qm feuerberührte Heizfläche bei 2,25 m totaler Länge und 0,38 qm Rostfläche. Der Wasserinhalt eines jeden der vier Kessel beträgt 382 l. Ihre Lage und die anschließende Rohrverteilung ist aus dem Grundriß, Taf. 39, Fig. 1 zu ersehen. Von der unter der Decke des Souterrains liegenden Rohrleitung steigen nun in der linken Gebäudehälfte 11, in der rechten 9 Wasserstränge zur Versorgung der oberen Etagen auf und ebensoviele Rückflußrohre führen das abgekühlte Wasser nach dem Souterrain zurück.

Geheizt werden durch die Mitteldruckheizung:
Im I. Geschoß 13 Klassenräume verschiedener Größe,
„ II. „ 11 „ „ „
„ III. „ 9 „ „ „
zusammen 33 Klassenzimmer mit Röhrenöfen und
4 Zimmer (Nr. 11, 28, 29, 43) mit
Cylinderöfen;

überhaupt werden geheizt 7165 cbm Raum mit 490 qm Ofenfläche: es kommen also auf 100 cbm Raum 7 qm Heizfläche. Ungeheizt sind die Korridore, das Treppenhaus, die Räume rechter Hand neben der Haupttreppe und die Aula.

Die in den Räumen aufgestellten Heizkörper haben nur die Aufgabe, den Wärmedurchgangs-Verlust der Räume auszugleichen; die zuführende Ventilationsluft wird dagegen durch Heißwasserröhren im Kellergeschoß erwärmt. Als Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde sind 10—11 cbm festgestellt worden, wobei sich ein stündlich einzuführendes Luftquantum von 11 400 cbm ergiebt. Zur Vorwärmung der frischen Luft auf + 20° C. wurden zwei besondere Heißwasseröfen R, R Taf. 39, Fig. 1 aufgestellt. Die Heizrohre verbreiten sich in gewölbten Kanälen unter der Decke des Souterrains und liegen hier zum Teil in Schlangen gewunden. Die frische Luft tritt bei B in das Souterrain-Geschoß ein, gelangt in der Richtung des Pfeiles bis zur Vorwärmkammer, strömt von unten her durch eine große Anzahl von Öffnungen in dieselbe, erwärmt sich an den Heizschlangen, zieht, nachdem sie genügend vorgewärmt ist, in vertikalen Zuführungskanälen nach den oberen Geschossen und strömt dort mit der Zimmertemperatur von + 20° C. ein. Die Ventilationsluft dagegen entweicht in die Ventilationskanäle, die im Dachboden zu sechs größern Sammelschächten zusammengezogen, über Dach geführt und mit Deflektoren versehen sind.

Die Röhrenöfen haben teils sechseckige, teils oblonge Grundform erhalten. In der Konstruktion weichen sie von den auf Taf. 33 dargestellten Öfen nur hinsichtlich der Rohranordnung und Dichtung ab. Die Dichtung der Rohre gegen die Wasserkästen geschieht nämlich wie bei den Lokomotivkesseln durch Einwalzen, wobei vergängliches Dichtungsmaterial in Fortfall kommt. Jedes der 10 vertikalen, patentgeschweißten 3 mm starken Rohre, Fig. 208, ist mit einem inneren Cirkulationsrohre r von geringerem (35 mm) Durchmesser versehen, das den Kasten ganz durchdringt. Außer der sonstigen Transmissionsfläche wird daher auch die innere Rohrwandung zur Wärmeabgabe benutzt. Das Wasser aber tritt in den oberen Kasten ein und sinkt, durch Wärmeverlust abgekühlt, in dem ringförmigen Raume zwischen den Röhren abwärts nach dem unteren Kasten, während die Luft in dem inneren Cylinder aufsteigt. Es kann nun nach Belieben entweder Ventilation oder Cirkulation der Zimmerluft stattfinden; im ersten Falle ist die Klappe a in dem hölzernen Ofensockel geöffnet, im letztern geschlossen. Die Krönung des Ofens ist dekorativ aus Metallguß hergestellt.

Fig. 208.

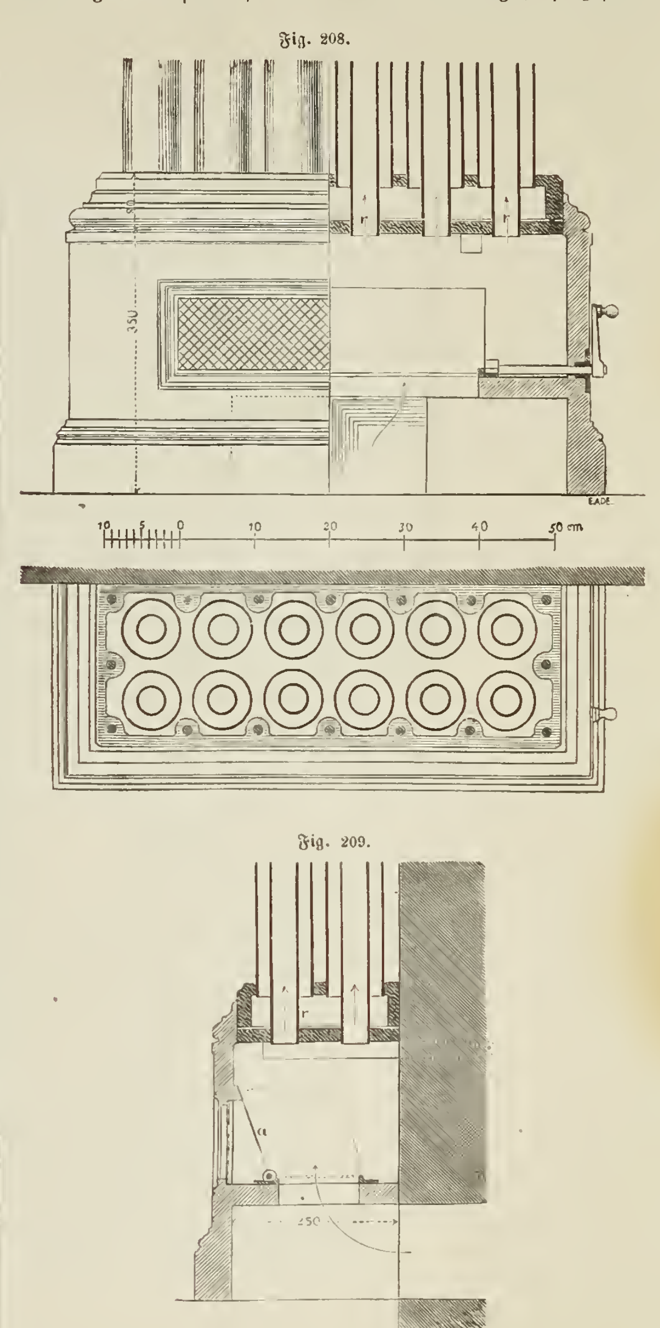
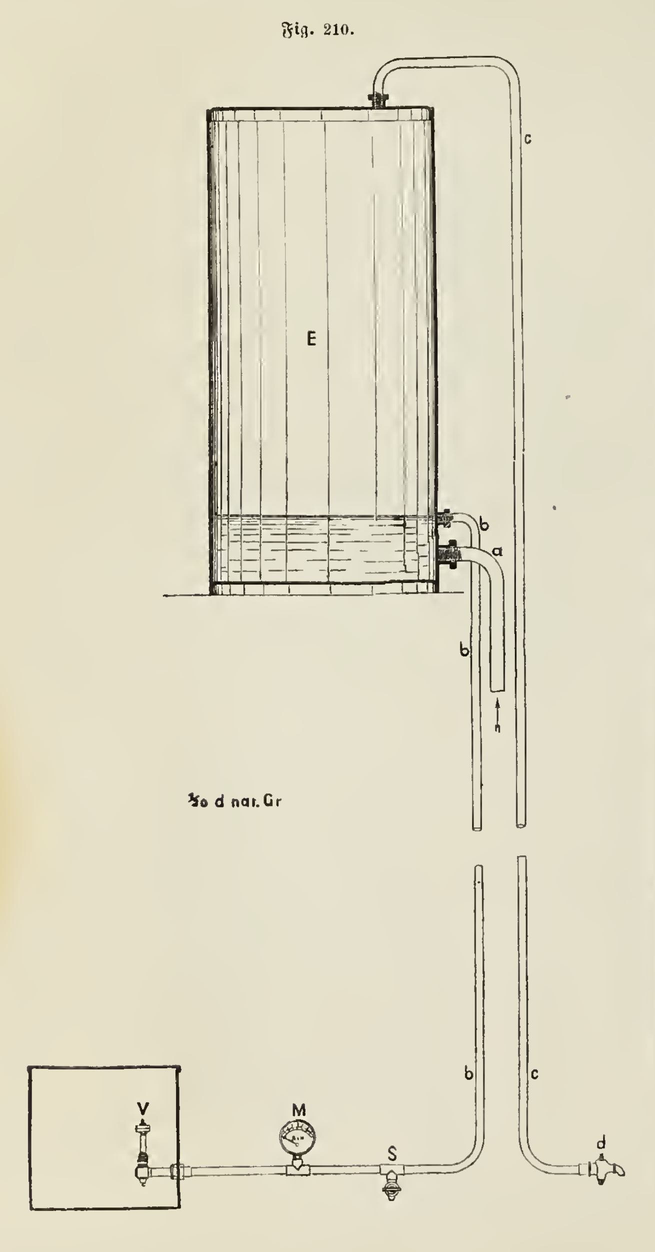


Fig. 209.

Expansionsvorrichtung für Mitteldruck-Heizungen von **Rietschel & Henneberg**, Fig. 210. Das Expansionsgefäß E befindet sich auf dem Dachboden, aber der Ventilkasten mit Doppelventil v ist im Heizraum aufgestellt und dadurch jeder Zeit für den Heizer kontrolirbar, ohne daß er seinen Platz verläßt.

Das Expansionsgefäß E ist mit dem Ventilkasten durch das Signalrohr b und mit dem Cirkulationssystem durch das Steigerohr a verbunden. Beim Heizen des Kessels wird das Wasser ausgedehnt; ein gewisses Quantum desselben wird expulsiert und tritt durch das Rohr a in das Expansionsgefäß ein. Damit aber der Wasserstand im Expansionsgefäß auf normaler Höhe erhalten werde, ist das Signalrohr b angebracht, dessen Hahn S im Heizraum stets Wasser geben muß. Das Rohr b endigt im Ventilkasten und zwar in dem auf S. 134 beschriebenen Doppelventil V. Endlich ist auf dem Signalrohr ein Manometer M aufgesetzt, an dessen geteiltem Gradbogen der Heizer die Atmosphärenspannung im System ablesen soll.

Fig. 210.



Wenn nun beim Heizen des Kessels mit zunehmender Temperatur die expulsirte Wassermasse größer wird und über das Signalrohr hinaus steigt, so vermindert sich gleichzeitig der genau bemessene Luftraum über dem Wasserspiegel im Gefäß und (nach dem Mariotte'schen Gesetz) nimmt die Spannung zu. Übersteigt sie aber den Druck von $2^1/_2$ Atmospären, so wird das Belastungsgewicht im Ventilkasten gehoben und es strömt Wasser aus. Bei eintretender Abkühlung des Systems tritt der umgekehrte Fall ein, das expulsierte Wasser tritt in die Leitung zurück und der Zeiger des Manometers sinkt auf den ersten Teilpunkt der Skala. — Damit beim Füllen des Systems die in den Heizkörpern eingeschlossene Luft entweichen könne, ist vom Deckel des Expansionsgefäßes ein Luftrohr c abgeleitet, dessen Hahn d beim Füllen offen zu halten ist. Wenn der Hahn ganz fortfällt, ist das System ein offenes und kann die Expansionsvorrichtung auch für Niederdruckheizung benutzt werden.

Anlagekosten der Warmwasserheizungen.

Für die neue Realschule zu Darmstadt betrugen:

A. Die Gesamtkosten der Warmwasserheizung mit Mitteldruck bei 7165 cbm Heizraum . 32 970 Mk., hiervon kommen auf:

1) 4 Röhrenkessel (Patent Heine) nebst Montage	4790 Mk.
2) Röhrenleitung mit Montage . . .	8690 „
3) Heizkörper nebst Zubehör	17 250 „
4) Insgemein	2240 „
zusammen wie oben	(32 970 Mk.),

so daß auf 100 cbm Heizraum an Anlagekosten entfallen: 460 Mk. oder auf:

1 cbm Heizraum 4,6 Mk. Anlagekosten,

nämlich specialisiert:	0,67 Mk.	für	Röhrenkessel,
	1,20 „	„	Röhrenleitung,
	2,40 „	„	Heizkörper,
	0,33 „	„	Diverse,
wie oben	4,60 Mk.	pro	1 cbm Heizraum.

Dividiert man die Gesamtkosten durch den Bodenflächenraum der geheizten Lokale, so entfallen auf jeden Quadratmeter Fußbodenfläche 19 Mk. Anlagekosten.

B. (Vorwärmung der Ventilationsluft durch Heißwasserheizung auf + 20° C.) Das Ventilationsquantum beträgt 11 400 cbm pro Stunde. Die Kosten der Ventilations-Einrichtung betrugen 11250 Mk., nämlich:

Für 1550 m Perkinsrohr mit Montage	6890 Mk.,
„ die Regulirungsvorrichtungen . .	4360 „
	Summa wie oben.

Jeder Kubikmeter erforderte demnach:

$$\frac{11\,250}{11\,400} = 0{,}98 \text{ Mk. Anlagekosten.}$$

C. Die Pumpenanlage kostete 580,00 Mk., oder pro Kubikmeter Heizraum . . . 0,08 Mk.

Hiernach betragen für 1 cbm Heizraum die Anlagekosten:

a) der Warmwasser-Mitteldruckheizung 4,60 Mk.
b) der Ventilation . . . . 0,98 „
c) der Pumpenanlage . . . . 0,08 „
zusammen 5,66 Mk.

Anm. Die Aula ist nicht mit Centralheizung versehen.

Die von C. Heckmann für das Berliner Rathhaus ausgeführte Warmwasserheizung mit Kupferröhren hat nachstehende Leistung zu erfüllen:

Es sind zu erwärmen:

12188 cbm Corridor- und Treppenraum auf 10° C.;
11875 „ Vorsäle, Garderoben u. s. w. auf 15° C;
59380 „ Säle, Bureauräume auf 20° C.

Im Durchschnitt kostete die Anlage pro Kubikmeter Heizraum . . . . 5,04 Mk.

Im Gebäude des statistischen Bureau zu Berlin erreichten die Anlagekosten der von der Firma Schäffer & Walker eingerichteten Warmwasserheizung ebenfalls pro Kubikmeter die Summe von . . . . 5,04 Mk.

Im Wilhelms-Gymnasium wegen Anwendung eiserner Röhrenleitung pro Quadratmeter nur 4,45 Mk.

Anm. Für kleinere Landhäuser, Villen ꝛc. stellen sich die Kosten der Warmwasserheizung mit kupfernen Leitungen und eisernen Öfen nach C. Heckmann pro Kubikmeter bis . . . . 8,50 Mk.

§ 55.

III. Auf Taf. 40 geben wir die Anlage einer Heißwasser-Mitteldruckheizung in dem Wohnhause des Herrn v. Maya zu Lipnik in Österreich. Schlesien, ausgeführt durch die Firma J. L. Bacon in Berlin.

Das Gebäude ist villenähnlich, von allen Seiten freistehend und enthält im Erdgeschoß die Küche, Raum für Dienerschaft und 10 heizbare Piecen. Das Erdgeschoß hat eine lichte Höhe von 4,8 m, der Salon (Nr. 4) von 4,87 m.

Die Leitungsröhren sind, wo immer angänglich, zur Erwärmung des Korridors verwendet, d. h. diese Rohrstrecken liegen im Fußboden und sind mit Platten abgedeckt. Es sind hiernach die toten Rohre nach Möglichkeit vermieden. Ins Freie führen drei Thüren (aus den Zimmern 1, 4 und 10), die im Fußboden liegenden Rohre sind an diesen Thürübergängen „verpackt“, um das Einfrieren zu verhindern. Sonstige Thürübergänge im Innern wurden in der früher beschriebenen Weise hergerichtet und zur Transmission verwendet. Zur Wärmeabgabe dienen außer den Rohren cylindrische Spiralen in den Fensterbrüstungen. Der Heizofen liegt im Kellergeschoß und ist die dafür gewählte Stelle im Grundriß angedeutet. Alle im Fußboden liegenden Rohre sind punktiert.

Die Heizanlage setzt sich aus 4 Systemen zusammen, welche durch verschiedene Farben markiert zu denken sind. Die Systeme sind „gekuppelt“ und zwar so, daß je zwei Systeme eine gemeinsame Feuerschlange haben.[1] Der Ofen enthält also zwei Feuerschlangen zu zwei Systemen und ist konstruiert wie der in Fig. 188 und 189 dargestellte Ofen. Der Schnitt nach a—b auf Taf. 36 wird in Verbindung mit den eben genannten Figuren die Kuppelung verständlich machen. Vom höchsten Punkt der links liegenden Feuerschlange gehen die beiden Steigerohre des III. und IV. Systems ab, und von der rechts liegenden die Steigerohre des I. und II. Systems. — Die Stränge nehmen ihren Weg durch die betreffenden Zimmer, aber nur das Rücklaufrohr des Systems III kehrt zu dem Fußpunkt der ersten Feuerschlange zurück; an dessen Stelle ist das Retourrohr des I. Systems mit der Schlange verbunden, während das Rücklaufrohr von System IV. in die zweite (rechtsliegende) Feuerschlange zurückkehrt. Auf solche Weise sind (vergl. Fig. 211) kombiniert: 1) die beiden Systeme jeder Feuerschlange unter sich und 2) auch je zwei Systeme verschiedener Feuerschlangen; die vier Systeme bilden hiernach eine zusammenhängende Rundleitung, welche von einer Pumpvorrichtung gespeist und von einem Roste aus geheizt wird.

Fig. 211.
Ideale Cirkulation der 4 Systeme.

System III. System II. System I. System IV.

I. Feuerschlange. II. Feuerschlange.

Die Dimensionen der Feuerschlangen sind folgende: der lichte Hohlraum jeder Schlange ist 1,57 m lang und 0,23 m breit, also der äußere Durchmesser der Schmalseiten = 30 cm. Die Schlange enthält 12 Windungen und versorgt, wie schon erwähnt wurde, 2 Systeme mit Cirkulationswasser.

Der zu heizende Raum beträgt 1250 cbm.

1) Die Windungen der beiden Rohre, aus denen sich jede Feuerschlange zusammensetzt, liegen im Ofen alternierend übereinander, weil sie gemeinschaftlich zur Spirale gewunden sind. Zum leichtern Verständnis der Systemkuppelung sind dieselben jedoch in vorstehender Skizze, Fig. 211, auseinander gezogen dargestellt. Dem aufmerksamen Leser wird diese Abweichung von der Wirklichkeit schon durch Betrachtung der Figuren 193 und 193a klar geworden sein.

Gang der Cirkulation.

System I steigt bei a zum Fußboden des Erdgeschosses auf, geht durch Zimmer Nr. 10 über den Korridor, im Fußboden nach Nr. 1, woselbst zwei Fensterschlangen, à 16,48 m und im Ganzen 64,65 m Transmissionsrohr verlegt sind. Aus Nr. 1 geht das System auf demselben Wege zurück nach Nr. 10; hier liegen 24,8 m Transmissionsrohr. Es fällt bei a zum Ofen zurück.

System II steigt ebenfalls bei a, geht nach Nr. 10, durch Nr. 10 über den Korridor nach Nr. 4, Nr. 3, Nr. 2. In 2 bildet das Rohr eine Fensterschlange von 8,79 m und im Ganzen 15,38 m Rohr. In Nr. 3 eine Fensterschlange von 9,42 m und im Ganzen 16,01 m. In Nr. 4 liegen 30,76 m gerades Rohr. Von hier geht das System auf demselben Weg nach Nr. 10 zurück, bildet eine Fensterschlange von 27,93 m und im Ganzen 41,74 m und fällt bei a zum Ofen hinab.

System III geht bis b an der Kellerdecke entlang, steigt dann bei b nach Nr. 5 auf, geht nach Nr. 4, macht in Nr. 4 eine Fensterschlange von 30,76 m mit Absperrhahn (15 m können abgesperrt werden) und im Ganzen 35,47 m. Von Nr. 4 läuft das System nach Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 7; Nr. 7 enthält eine Fensterschlange von 22,6 m und im Ganzen 26,99 m Rohr; Nr. 6 erhält eine Fensterschlange von 12,24 m und im Ganzen 18,83 m Rohr; Nr. 5 nur 17,89 m gerades Rohr. Bei b fällt das System nach dem Souterrain hinab und geht an der Kellerdecke zum Ofen zurück.

System IV steigt bei c zum Erdgeschoß auf, geht auf kurzem Wege durch Zimmer Nr. 9 und Nr. 8 nach Nr. 7, macht dort eine Schlangenwindung von 28,87 m; im Ganzen liegen 33,37 m Rohr. In Zimmer 7ᵃ sind verlegt 10,67 m gerades Rohr; in Nr. 8 eine Fensterschlange von 18,52 m und im Ganzen von 41,43 m Rohr; endlich in Nr. 9 eine Fensterschlange von 20,4 m mit im Ganzen 30,13 m Rohr. Bei c fällt das Rohr zum Ofen zurück.

Anm. Die Berechnung vorstehender Heizanlage und eine tabellarische Übersicht der verwendeten Rohrlängen findet man in § 56 zusammengestellt.

Rohrverbrauch und Anlagekosten der Heißwasserheizungen.

I. Für die vorgenannte Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik stellte sich, nach Angabe der Firma J. L. Bacon, der Gesamt-Rohrverbrauch bei der Ausführung wie folgt: Es waren erforderlich:

430,5 m	Heizrohr	oder 72,7	Prozent der ganzen Rohrlänge
68,5 m	Verbindungen und Wanddurchgänge	„ 11,9	
80,0 m	Feuerschlangen	„ 13,5	
12,0	Durchpumprohre, Ventilkasten-Verbindungen u. s. w.	„ 2,0	

Der zu heizende Raum faßt 1250 cbm, es entfallen daher auf jeden Kubikmeter Heizraum im vorliegenden Falle 0,34 m Heizrohr.

Die Anlagekosten betragen rund . . . 4000 Mk., und verteilen sich wie folgt:

Rohre, Muffen, ⊤-Stücke und Montage . .	2810 Mk.
Ofenarmatur, Expansions-Apparat, Thermometer und sämtliche Rohrhalter	515 „
Rohrverkleidungen, Fensterpanneau	675 „
	Summa wie oben.

Jeder Kubikmeter Heizraum erforderte daher: 3,20 Mk. Anlagekosten.

Anm. Für Gebäude von größerer Ausdehnung und bei Anlage von mehr als einer Etage stellt sich das Verhältnis erheblich günstiger, weil mit der Druckhöhe die Cirkulationsgeschwindigkeit wächst und mit steigender Initialtemperatur des Wassers, auch die Systemlänge vergrößert werden kann.

II. Als derartiges Beispiel ist die von derselben Firma ausgeführte Heizanlage im Gymnasium zu Neustadt-Dresden zu nennen, eine Hochdruckheizung mit starker Ventilation. Nach authentischen Angaben des ausführenden Baumeisters entfallen hierbei auf 1 cbm Heizraum 0,30 laufende Meter Heizrohr.

Die Anlagekosten pro 1 cbm Heizraum betrugen nur 2,6 Mk., nämlich für 8076 cbm Heizraum nebst Gittern und Ofenmauerung . . . . 21000 Mk.

Aufwand an Brennmaterial.

Derselbe betrug pro Jahr . . . . . 1800 Mk.
oder für jeden Kubikmeter jährlich Heizraum . 0,23 „

III. Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim, ausgeführt von der Firma Ahl & Poensgen zu Düsseldorf.[1]) Die zu erwärmenden Räume bestehen in 18 Klassenzimmern, dem Zimmer für physikalische Vorträge, einem Zeichensaal, der Bibliothek, dem Konferenz- und Direktorzimmer, 2 Lehrerzimmern und der Aula mit zusammen 6737,1 cbm zu beheizendem Luftraum. Die Ausdehnung und symmetrische Grundrißanlage des Gebäudes gab Veranlassung, die Heizöfen in zwei getrennten Gruppen anzulegen, von denen jede Gruppe wieder in drei getrennten Systemen, entsprechend den drei Geschossen, untergebracht ist. Jedes Geschoß kann unabhängig von den anderen geheizt werden.

Beide Herde enthalten schmale Spiralkammern, ähnlich den Öfen nach Haag'schem Systeme. Die Verteilung der Rohrleitungen und der durch die sechs Systeme zu erwärmenden Lufträume ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

1) Nach Mitteilungen von F. Fischer in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover. Jahrgang 1870.

Gruppe	System für das	Heizraum cbm	Transmissionsröhren m	Tote Röhren m	Ofen-Montierung m	Ofenspiralen m	Expansions- und Pumpenröhren m
westlich	1. Geschoß	526,3	94,1	9,06	14,0	29,24	
"	2. "	1089,9	193,6	29,09	12,1	47,16	
"	3. "	1665,9	260,0	21,05	11,4	52,63	19,7
östlich	1. "	600,6	105,0	9,06	14,0	29,24	6,8
"	2. "	1093,2	195,6	29,60	12,1	47,16	
"	3. "	1761,2	270,1	20,10	11,4	52,63	
	Summa	6737,1	1118,4	117,96	75,0	258,06	26,5

Es beträgt also:

Die Länge der Heizröhren . . .	1118,4 m	oder 70 %	der ges. Rohrlänge.
der toten Röhren	118,0 "	" 7,4 "	
Herdmontierung	75,0 "	" 4,9 "	
Herdspiralen	258,0 "	" 16,1 "	
Expansions- und Pumpenröhren .	26,5 "	" 1,7 "	
	1595,5 m		

Hiernach kommen auf 1 cbm Heizraum 0,18 m Heizrohr und mit Einschluß der Herdmontierung u. s. w.: 0,23 m Rohr.

Die Anlagekosten der Heißwasserheizung betrugen im ganzen . . . . 20173 Mk.,

oder pro Kubikmeter $\frac{20173}{6737{,}1}$ = rot. 3 Mk.[1])

Für Ventilationseinrichtungen sind verausgabt . . . . 1830 Mk.

§ 56.

Berechnung der Wasserheizungen.

Soll die Erwärmung einer bestimmten Anzahl von Räumen oder eines ganzen Gebäudes mittels der Wasser-Cirkulationsheizung erfolgen, so muß nach Anleitung des § 45 zunächst die Ermittelung des Maximal-Wärmebedarfs dieser Räume vorangehen. Es ist demnach der stündliche Wärmeverlust durch Transmission — und wo Zuführung frischer Luft beabsichtigt ist, auch derjenige durch Ventilation — für jeden Raum gesondert aufzustellen, wobei sich tabellarische Anordnung (wie auf Seite 118—120) empfiehlt, unter Benutzung der früher ermittelten Transmissions-Koeffizienten. Für die Bestimmung der Temperaturdifferenz T—t ist die verlangte Innentemperatur und die stärkste Winterkälte, wie solche der geographischen Lage des Ortes entspricht, maßgebend.

Das hier folgende Beispiel betrifft die durch Franz San Galli in Petersburg ausgeführte Beheizung eines Flügels des Wohnhauses des Herrn Poehl daselbst.[1]) Für die Berechnung wurde eine Maximalkälte von — 37° C. und eine Innentemperatur von + 18° C. zu Grunde gelegt; danach ist T—t = 55°. Die Wärmeverluste der Hauptetage des genannten Gebäudes finden sich in Kolumne 2 der auf Seite 156 gegebenen Tabelle III zusammengestellt.[2])

Die Wärmeabgabe wird nicht durch Wasseröfen bewirkt, sondern von einem kontinuirlich fortlaufenden Rohre, welches durch das ganze Gebäude — meist an den Fronten entlang — geführt und dessen Querschnitt nach den unten folgenden Rechnungen bestimmt ist. Demnach ist die Rohrlänge durch die Breite und Lage der Zimmer bedingt. Aber nur in seltenen Fällen wird die dadurch gewonnene Oberfläche genügen, um den Bedarf an Wärme zu decken: es muß also ein Heizkörper eingeschaltet werden, welcher das noch fehlende Wärmequantum ersetzt und diese Funktion wird durch sogenannte „Batterien" (Fig. 182) bewirkt. Dies sind gegossene Röhren von dem lichten Durchmesser der Rohrleitung (63 mm), welche mit einer Anzahl (20 bis 70) dünnen Flanschen versehen sind. Das Prinzip dieser Methode ist bereits in den vorhergehenden Kapiteln mehrfach besprochen worden.

Als Wärmerezipient ist ein einfacher Kessel a, Fig. 212, im Keller aufgestellt. Das zur Erwärmung der drei Etagen erforderliche Wasserquantum wird diesen wie gewöhnlich durch das Steigerohr b_0, welches 76 mm lichten Durchmesser erhält, zugeführt. Abweichend von der gewöhnlichen Methode findet die Abzweigung der Etagenleitungen b, b′, b″ direkt vom Steigerohr aus statt. Mittels der separaten Fallrohre c, c′, c″ wird das Wasser endlich nach dem Souterrain zurück und in den Kessel geleitet.

1) Der Kohlenverbrauch pro Tag betrug bei der Probeheizung für beide Öfen 350 kg Steinkohlen.

1) Mitgeteilt in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.

2) Auf Ventilation der Räume ist dabei nicht Rücksicht genommen, doch dürfte bei den hohen Transmissionsziffern auch dieses Luftquantum unter gewöhnlichen Verhältnissen vom Apparat zu erwärmen sein.

An den höchsten Stellen der Rohrleitung sind kleine Hähne angebracht, um die angesammelte Luft ablassen zu können.

Das Auf- und Nachfüllen von Wasser geschieht von dem offenen Ausdehnungsreservoir d aus, welches im Dachgeschoß, 12 m hoch über dem Kessel, angebracht ist. Dieser Wassersäule entspricht ein Überdruck von $^1/_2$ Atmosphären:

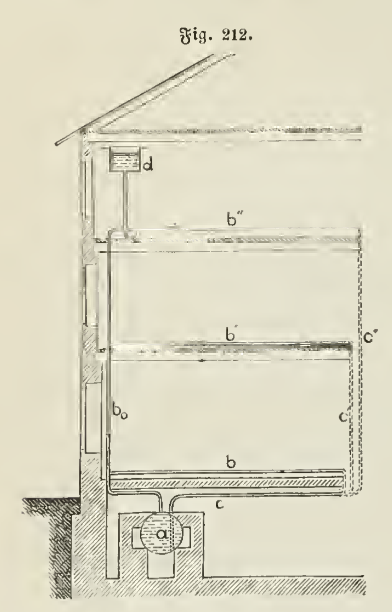


Fig. 212.

die Dampfbildung wird daher nicht bei 100° C., sondern etwa erst bei 110° eintreten, und kann demnach unbedenklich eine Erhitzung des Wassers bis 100° erfolgen.

Erfahrungsmäßig gelangt das Wasser nach dem Ausdehnungsreservoir mit 70° C., die mittlere Temperatur im Steigerohr ist also

$$T = \frac{100 + 70}{2} = 85,$$

und wenn man die Temperatur beim Wiedereintritt in den Kessel = 50° setzt, so findet man als Temperatur im Rücklaufrohr

$$t = \frac{70 + 50}{2} = 60.$$

Um die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers in dem Heizsystem zu ermitteln, benutzen wir die Formel von Péclet

$$v = \sqrt{\frac{2gh \cdot 0{,}0005\ (T - t)}{2\ (1{,}0086 - 0{,}0005\ t)\ (1 + R)}} \quad \ldots \quad (1)$$

Darin ist:

$2g = 19{,}618$;

h die Wassersäule von der Kesselmitte bis zur höchsten Stelle des Systems;

T die mittlere Temperatur im Steigerohr = 85°;

t " " " " " = 60°;

R die Summe der Hindernisse, welche sich der Wasserbewegung entgegenstellen.

Zur Bestimmung von R kann man die Formeln von Weißbach und Zeuner benutzen. Danach ist:

$$R = \zeta_0 + \zeta\left(\frac{l_1}{d_1} + \frac{l_{,,}}{d_{,,}}\right) + \zeta_1 n_1 + \zeta_2 n_2 + (1 + n_2)\left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2 \quad . \ . \ (2)$$

In dieser Formel bezeichnet:

l_1 und $l_{,,}$ die Länge des Rohres vom Durchmesser d_1 und $d_{,,}$;

ζ_0 den Ausfluß-Koeffizienten aus dem Kessel in die Rohre = 0,505;

ζ den Koeffizienten für die Reibung des Wassers[1]) in den Röhren;

ζ_1 den Widerstand in den abgerundeten Knien = 0,294;

n_1 die Anzahl der Kniee (Bogen) in der Leitung;

ζ_2 den Widerstand in den scharfen Knien = 0,485;

n_2 die Anzahl dieser scharfen Biegungen;

n_3 die Anzahl der Rohrverengungen;

α das Verhältnis des Rohrdurchmessers beim Übergang vom Querschnitt F zum Querschnitt f.

Die zu erwärmende Hauptetage enthält einschließlich zweier, mit direktem Licht versehener, Korridore 13 Piecen; das durchgehende Transmissionsrohr hat einschließlich der Zu- und Rückleitung zum Kessel 84 m Länge bei 63 mm lichtem Durchmesser.

Das Steigerohr ist bis zur Abzweigung 38 m lang bei 76 mm lichtem Durchmesser.

Hiernach ist:

$$\frac{l_1}{d_1} = \frac{3{,}81}{0{,}076} = 50{,}13; \quad \frac{d_u}{l_u} = \frac{84}{0{,}063} = 1333;$$

n_1 die Anzahl der abgerundeten Bogen ist = 15;

n_2 " " " scharfen Beugungen . . = 1;

n_3 " " " Verengungen . . . . = 1.

Werden diese Werte in (2) substituiert, so entsteht:

$$R = 0{,}505 + 0{,}052\,(50{,}13 + 1333) + 0{,}294 \,.\, 15 + 0{,}785 + (1 + 1) \,.\, \left(\frac{0{,}013}{0{,}076}\right)^2 = 77{,}073.$$

Setzt man endlich in Formel (1) die zugehörigen Werte ein, so erhält man als Ausdruck der Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers in der Hauptetage:

$$v = \sqrt{\frac{0{,}0005 \,.\, 19{,}62 \,.\, 3{,}81\ (85 - 60)}{2\,(1{,}0086 - 0{,}0005 \,.\, 60) \,.\, (1 + 77{,}07)}} = \sqrt{\frac{0{,}735}{153{,}81}} = 0{,}068 \text{ m}$$

pro Sekunde oder v = 4,008 m pro Minute. Demnach ist:

die stündliche Cirkulationsgeschwindigkeit = 248,4 m;

d der Durchmesser des Cirkulationsrohres ist = 0,063 m;

f der Querschnitt desselben . . . . . = 0,003117 qm.

Nun cirkulieren stündlich durch das System:

Q = 248,4 . 0,003117 . 100 = 774 Liter Wasser.

Jedes Liter Wasser wiegt ein Kilogramm und giebt für jeden Grad Temperaturdifferenz eine Wärmeeinheit ab; das Cir-

1) Derselbe ist verschieden für verschiedene Geschwindigkeiten des Wassers und beträgt nach Weißbach

für	0,03	0,065	0,094	0,126	0,150 m Geschwindigkeit.
ζ =	0,0679	0,0522	0,0453	0,0383	0,0362.

kulationswasser des System I giebt also stündlich ab:

$$774\ (85-60) = 19\,353 \text{ W.-Einh.}$$

System I hat Wärmeverluste in 13 Räumen 19 401 W.-Einh.
Durch Kachelofenheizung im Saal werden produziert . . . . 2 248 „

Es bleiben wirklich zu erzeugen nur . . 17 153 W.-Einh.
Die Annahme 63 mm weiter Rohre wird also dem Bedürfnis vollkommen entsprechen.

II. Für das Obergeschoß werden verlangt: 8 275 W.-Einh.
III. „ „ Souterrain „ „ 10 856 „

Auch diesem Bedürfnis wird durch 63 mm weite Rohre vollkommen genügt, denn die diesen Systemen entsprechenden Geschwindigkeiten und Volumina sind:

$$v = 152 \text{ m und } Q = 481 \text{ l.}$$

I. System. Hauptetage von 13 Zimmern. (Hierzu Tabelle III auf Seite 156.)

Zimmer Nr. 1.

Das Wasser kommt mit 100° vom Kessel, steigt zum Parterre hinauf und gelangt sogleich nach Zimmer Nr. 1 mit der Temperatur von 95,72° C. Hier sollen stündlich abgegeben werden 1446 W.-Einh.: es sind dem Wasser also zu entziehen

$$\frac{1446}{774} = 1{,}85^0 \text{ C.}$$

Das Wasser verläßt den Raum mit $95{,}72-1{,}85 = 93{,}87^0$, so daß die Mitteltemperatur des Heizwassers in Zimmer Nr. I

$$\frac{95{,}72 + 93{,}87}{2} = 94{,}8^0 \text{ C. rot.}$$

Die Zimmertemperatur t ist = 18°, hiernach T—t, d. h. die nutzbare Temperaturdifferenz $= 94{,}8-18 = 76{,}8^0$ C.

Die Länge des im Zimmer unterzubringenden Transmissionsrohres ist bekannt, daher auch die Heizoberfläche; die Transmission der 63 mm weiten Rohre ist aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.[1])

Wärmeabgabe von einem Quadratmeter Rohroberfläche bei 1° C. Temperatur-Differenz in Wärme-Einheiten.

Innerer Rohrdurchmesser in Millimetern	51	63	76	102	127	152
Gußeisernes horizontales Rohr . . .	—	—	7,87	7,65	7,43	7,21
Schmiedeeisernes horizontales Rohr .	8,26	8,09	7,93	7,75	7,65	7,35
Vertikale Rohroberfläche	8,74	8,61	8,49	8,43	8,35	8,30

1) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrg. 1872.

Die Heizoberfläche der 63 mm weiten schmiedeeisernen Rohre beträgt bei 3 mm Wanddicke pro lfd. Meter 0,2167 qm; ein laufender Meter Rohr transmittiert also stündlich für 1° Temperaturdifferenz

$$8{,}09 \times 0{,}2167 = 1{,}728 \text{ W.-Einh.}$$

Die im Zimmer Nr. 1 liegenden 4,27 m Rohr transmittieren

$$4{,}27 \times 1{,}728 = 7{,}37 \text{ W.-Einh.}$$

und für die nutzbare Temperaturdifferenz von 76,8° C.

$$76{,}8 \times 7{,}37 = 566 \text{ W.-Einh. stündlich.}$$

Der stündliche Wärmebedarf von Zimmer Nr. 1 beträgt (laut Tabelle III) 1446 W.-Einh., so daß noch zu erzeugen sind: 880 W.-Einh.[1])

Anm. Im vorliegenden Falle kamen Batterien zur Verwendung mit quadratischen Flanschen. Bei 152 mm Seite- und 6 mm Gußstärke enthält jeder Flansch 0,039 qm Oberfläche und 1 qm Batteriefläche transmittiert stündlich (nach F. Meyer) 6,55 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz. Bei 76,8° C. nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batterieflansch

$$76{,}8 \times 0{,}039 \times 6{,}55 = 19{,}5 \text{ W.-Einh.}$$

Demnach wird der Wärmebedarf gedeckt durch $\frac{880-405}{19{,}5} =$ 33 Flanschen. In der Ausführung sind 50 Stück angeordnet worden.

In ähnlicher Weise bestimmt sich die Heizoberfläche für jedes folgende Zimmer.

Zimmer Nr. 2.

Wärmebedarf laut Tabelle III . . . . 2130 W.-Einh.
Initialtemperatur des Wassers . . . . . . 93,87° C.
Dem Wasser werden entzogen $\frac{2130}{774}$ = . . . 2,75° C.
Endtemperatur des Wassers 93,87—2,75 = . 91,12° C.
Mitteltemperatur . . . . 92,50° C.
Nutzbare Temperaturdifferenz = . . 74,50° C.
Verwendbare Rohrlänge 9,75 m.
Rohrtransmission $1{,}728 \times 9{,}75 \times 74{,}50 = 1255$ W.-Einh.
Es bleiben noch zu transmittieren:

$$2130-1255 = 875 \text{ „}$$

Bei 74,5° nutzbarer Temperaturdifferenz liefert jeder Batterieflansch $74{,}5 \times 0{,}255 = 19$ W.-Einh. rot., demgemäß sind erforderlich $\frac{875}{19} = 46$ Flanschen.

Ein übersichtliches Bild der Temperaturverhältnisse und des Heizvorganges in der Etage liefert die Tabelle auf Seite 156. Die Zahlen der Kolumne 7 werden erhalten, indem man die betreffende Rohrlänge (Kol. 6) mit dem Transmissions-Koeffizienten 1,728, und das entstandene Produkt mit der nutzbaren Temperaturdifferenz multipliziert.

1) Das Rücklaufrohr in Zimmer Nr. 1 liefert bei 4,5 m Länge und 52,13° nutzbarer Temperaturdifferenz 405 W.-Einh., so daß nur zu decken bleiben 475 W.-Einh.

In gleicher Weise sind auch die Systeme II und III durch Rechnung festgestellt. Von dem Nachweis kann hier füglich Abstand genommen werden.

Anm. In ähnlicher Weise würde die Rechnung zu führen sein, wenn Cylinderöfen an Stelle der Batterien zur Erwärmung der Räume benutzt werden sollten.

Der Transmissions-Koeffizient glatter vertikaler Cylinderofenflächen kann im Durchschnitt = 8,00 W.-Einh. für 1° Temperaturdifferenz angenommen werden. Die Temperatur des Wassers in den Öfen wechselt nun zwar mit der Entfernung des Heizkörpers vom Kessel, wird aber — unter gewöhnlichen Verhältnissen — zwischen der Mitteltemperatur des Steigerohres und Rücklaufrohres, d. h. zwischen 82,5° und 60° C. liegen und daher im Durchschnitt 70° erreichen. Danach ergiebt sich bei 20° Zimmerwärme eine nutzbare Temperaturdifferenz von 50° C. und darf die stündliche Transmission eines Quadratmeters glatte unbekleidete Warmwasserniederdruckfläche zu 8 × 50 = 400 W.-Einh. angenommen werden.

Auf Seite 132 sind die Heizflächen einiger gangbaren Formen von Cylinderöfen aus der Fabrik der Berliner Aktien-Gesellschaft für Centralheizungs-Anlagen &c. &c. zusammengestellt, welche als Hilfsmittel zur Bestimmung der Ofendimensionen benutzt werden können.

Übersicht der Wassertemperaturen und der Wärmeproduktion einer Heizanlage in St. Petersburg.

Nr. des Zimmers	Benennung der geheizten Räume	Maximal-Wärmeverlust in W.-Einh.	Temperatur des Wassers im Rohr beim Eintritt ins Zimmer Grad C.	Austritt aus dem Zimmer Grad C.	Mitteltemperatur des Wassers Grad C.	Nutzbare Temperaturdifferenz Grad C.	Länge des Rohres im Zimmer m	Wärmeproduktion durch Rohre W.-Einh.	Batterien W.-Einh.	Anzahl der Batterieflanschen Berechnet	Ausgeführt
1.	Entree	1446	95,72	93,87	94,80	76,80	4,27	566	880	—	—
2.	Kabinett	2130	93,87	91,12	92,50	74,50	9,75	1255	895	46	50
3.	Gesellschaftszimmer . .	1367	91,12	89,36	90,24	72,24	3,66	456	911	48	50
4.	Desgleichen	1938	89,36	86,86	88,11	70,11	6,10	739	1199	67	70
5.	Kabinett	1218	86,86	85,29	86,07	68,07	4,27	502	716	42	50
6.	Kinderstube	575	85,29	84,55	84,92	66,92	2,20	255	320	18	20
7.	Desgleichen	1576	84,55	82,52	83,53	65,53	5,03	570	1006	60	60
8.	Zimmer der Gouvernante	575	82,52	81,78	82,65	64,65	2,20	246	329	20	20
9.	Unterrichtszimmer . . .	1505	81,78	79,84	80,81	62,81	4,87	330	1175	73	80
10.	Salon	2834	79,84	76,16	78,00	60,00	5,64	586	(2248)	Kachelofen	
11.	Korridor	1865	76,17	73,77	74,95	56,97	14,80	1458	407	33	40
12.	Vorzimmer zu Nr. 5 .	795	73,77	72,75	73,26	55,23	4,27	405	390	28	30
13.	Korrivor	1577	72,75	70,72	71,73	53,73	7,92	735	842	55	60
1.	Entree (Rücklaufrohr) .	—	70,72	69,54	70,13	52,13	4,50	405	475	33	60
		19401					79,48	8508	11793		

Bestimmung der Kesselfläche.

Die Gesamtwärmeproduktion der drei Systeme beziffert sich auf

$$19\,401 + 8275 \times 10\,856 = 38\,532 \text{ W.-Einh. stündlich.}$$

Ein Quadratmeter feuerberührte Kesselfläche liefert stündlich 8250—11 000 W.-Einh. Rechnet man im Mittel 10 000 W.-Einh., so ist erforderlich eine feuerberührte Fläche

$$F = 3{,}85 \text{ qm.}$$

Da man bei derartigen Anlagen $^2/_3$ der gesamten Kesselfläche als Heizfläche rechnet, so ergiebt sich ein Kessel von

$$5{,}77 \text{ qm}$$

Oberfläche. Der vorhandene Kessel hat 0,91 m Durchmesser und 2,74 m Länge, also 9,20 qm Oberfläche und wird demnach in jedem Falle hinreichend Wärme produzieren können.

Zum Schluß erübrigt noch die Größe des Expansionsreservoirs zu berechnen. Das unterzubringende Wasservolum ist gegeben in der Differenz zwischen dem Volum des gesamten Cirkulationswassers bei 20° und bei 100°.

Setzt man nun das Volum bei der größten Dichtigkeit = 1, so ist nach Despretz das Volum

bei + 20° = 1,00179,
„ + 80° = 1,02885,
„ + 100° = 1,04316.

Der Wasserinhalt des Kessels beträgt . . 1800 l
„ „ der Rohre „ . . 510 „

In den Rohren herrscht eine Mitteltemperatur von 80 bis 82° C. und im Kessel die Temperatur von 100° C. Nun sind:

1800 l Wasser bei 20° = 1803 l; bei 100° = 1877 l
510 „ „ „ 20° = 511 „ „ 80° = 514 „
2310 l Wasser bei 20° = 2314 l. 2401 l.

Der Differenz von 87 l ist im Expansionsreservoir Raum zu geben.

In der Ausführung hat dasselbe folgende Abmessungen erhalten:

$$0{,}61 \times 0{,}61 \times 0{,}46 = 171 \text{ l.}$$

§ 57.

Berechnung der Heißwasserheizungsanlage in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik.

Wie der Wärmebedarf jedes einzelnen Raumes zu bestimmen sei, ist in § 45 ausführlich angegeben. Die Resultate solcher Rechnung sind in Tabelle I und II S. 118—120 niedergelegt, unter Annahme einer Maximaltemperaturdifferenz von 40° C., welche auch für das hier in Betracht kommende und auf Taf. 40 dargestellte Gebäude zu Grunde zu legen ist.

Die Summe der in den 10 Wohnzimmern der Parterreetage zu verteilenden Wärmemengen ist in Kolumne 3 der Übersicht auf S. 159 enthalten und berechnet sich also:

39926 W.-Einh. für die Wohnräume und
3124 „ „ den inneren Korridor,
zusammen 43050 W.-Einh.

Die Rohrlänge wird nun derart zu bestimmen sein, daß diesem Maximalwärmebedarf genügt werden kann unter Beobachtung der üblichen Wassertemperaturen.

Für Heißwasser-Mitteldruckheizung ist gewöhnlich:

t'' die Initialtemperatur des Wassers im Steigerohr beim Eintritt ins Zimmer . . . . 150° C.
t' die Temperatur, mit welcher das Wasser zum Ofen zurückkehrt . . . . 60° C.

Die Temperaturdifferenz t'' — t' = 90° wird in zehngradige Intervalle geteilt und für jeden Temperaturintervall der entsprechende Transmissions-Koeffizient des Perkinsrohres für die Differenz T—t berechnet.

T die Temperatur des Rohres variiert also zwischen 150° und 60° C.
t die Temperatur der Zimmerluft ist konstant und = 20° C.

Nach Anleitung des § 13, S. 29 (Anwendung der Formeln, I. Beispiel) bestimmt sich nun die Wärmeemission eines 34 mm weiten horizontalen Rohres nach Formel 4) desselben Paragraphen mittels der Gleichung

$$W = SK + LK'.$$

Anm. Der Wert von K ist aus Tabelle I, derjenige von K' aus Tabelle V des § 13 zu entnehmen. Für S und L sind die Zahlenwerte, welche der Temperaturdifferenz $T-t = \Theta$ entsprechen, in Tabelle VII zu suchen. — Da die Temperatur des Raumes nicht 15°, sondern 20° C. beträgt, so ist der Wert von S mit dem Korrektionsfaktor 1,04 zu multiplizieren. Für den Temperaturintervall $\Theta = 150-20 = 130°$ C. ist S = 239,3 und L = 223,1 und demnach die Transmission:

$W = 248{,}9 \times 3{,}36 + 223{,}1 \times 3{,}149 = 1565{,}8$ W.-Einh. pro qm,
oder $1565{,}8 \times 0{,}1099 = 172{,}08$ W.-Einh. pro lfd. Meter.

Zur Erleichterung der Rohrverteilung dient nachstehende, vom Verfasser berechnete Tabelle, und zwar enthält die Kolumne 4 dieser Tabelle die Transmission eines lfd. Meter Perkinsrohr von 34 mm Durchmesser bei Wassertemperaturen von 60—200° C. nach Intervallen von 10° geordnet. Für alle dazwischen liegenden Temperaturgrade ist der mittlere Transmissions-Koeffizient k^m Kolumne 5 in Ansatz zu bringen, welcher das arithmetische Mittel aus den benachbarten Werten der Kolumne 4 bildet. — Endlich sind in Kolumne 6 die Summen der mittleren Transmissions-Koeffizienten für 14 Temperaturintervalle gebildet. Dividiert man mit der Anzahl der zehngradigen Intervalle in die Summe des zugehörigen

Tabelle zur Bestimmung der Wärmeabgabe von Perkinsrohren für 20° Zimmertemperatur.

Wassertemperatur	Temperaturdifferenz T—t	Rohrtransmission pro 1 qm	Rohrtransmission pro 1 lfd. Meter von 34 mm Durchmesser	Mittlerer Transmissions-Koeffizient k^m	Summen von k^m	Temperaturintervalle	Mittlerer Koeffizient des Systems k^o
Grad C.	Grad C.	W.-Einh.	W.-Einh.		W.-Einh.		
60	40	339,5	37,3	43,0	43,0	1	—
70	50	444,2	48,8	54,9	97,9	2	—
80	60	556,1	61,1	67,8	165,7	3	—
90	70	674,4	74,1	81,1	246,8	4	—
100	80	799,9	87,9	95,1	341,9	5	68,3
110	90	930,8	102,3	110,0	451,9	6	75,3
120	100	1072,2	117,8	125,8	577,7	7	82,2
130	110	1218,9	133,9	142,4	720,1	8	90,0
140	120	1374,6	151,0	161,5	881,6	9	97,9
150	130	1565,8	172,0	180,0	1061,6	10	106,1
160	140	1714,0	188,0	198,0	1259,6	11	114,5
170	150	1893,5	208,1	219,9	1478,5	12	123,2
180	160	2091,3	229,8	241,0	1719,5	13	132,3
190	170	2296,5	252,3	264,1	1883,6	14	134,5
200	180	2511,5	276,1				

mittleren Koeffizienten, so erhält man den mittleren Koeffizienten k^o des Systems.

Im vorliegenden Falle sind 9 Temperaturintervalle vorhanden und der mittlere Koeffizient des Systems ist:

$$k^o = 97{,}9 \text{ oder rund } 98 \text{ W.-Einh.}$$

Hiernach werden erfordert bei einem Maximalbedarf von 43050 W.-Einh. im Mittel

$$43050 : 98 = 439{,}3 \text{ m Rohr.}$$

Solche Rohrlänge würde aber nur zulässig sein bei einer sehr großen Cirkulationsgeschwindigkeit: wir teilen die Rohrlänge daher in vier Systeme von je 110 m Länge. Das Wasser tritt in jede der Transmissionsröhren mit einer Temperatur von 150° ein und mit 60° strömt es zum Ofen zurück; es durchläuft 9 zehngradige Temperaturintervalle und jeder der 9 ersten Koeffizienten Kolumne 5, der umstehenden Tabelle gilt für

$$110 : 9 = 12{,}22 \text{ m Transmissionsrohr.}$$

Bei richtiger Cirkulationsgeschwindigkeit transmittieren diese 9 Rohrlängen à 12,22 m Länge folgende Wärmemengen:

Tableau des Transmissionsvorganges.

Temperaturintervalle	Transmissions-Koeffizienten	Rohrlänge eines Temperaturintervalls	Wärmeeinheiten
1	161,5	12,2 m	1970
2	142,4	"	1737
3	125,8	"	1535
4	110,0	"	1342
5	95,1	"	1160
6	81,1	"	989
7	67,8	"	827
8	54,9	"	681
9	43,0	"	525
		Transmission eines Systems =	10766 W.-Einh.

oder von 4 Systemen:

43064 W.-Einh.,

was mit dem geforderten Maximalbedarf nahezu übereinstimmt. Die Verteilung der 440 lfd. Meter Transmissionsrohr an die verschiedenen Räume ist mit Hilfe des Tableau vorzunehmen; diese Arbeit ist aber mühselig und erfordert Erfahrung, um Systeme von annähernd gleicher Länge zu erhalten.

Der Wärmebedarf der zu heizenden Räume ist in der tabellarischen Übersicht auf Seite 159 enthalten. Wir schreiten nunmehr zur:

Verteilung der Rohrlängen.

Zimmer Nr. 1 (System I).

Das Rohr tritt (vergl. Cirkulationsgang Seite 152) in einem Abstande von 23 m vom Punkt a in das Zimmer ein.

1) Wärmebedarf lt. Übersicht . . . 6336 W.-Einh.
2) Durchschnittlicher Rohrbedarf à 98 W.-Einh. = 64,65 m.

Anm. Zwei Temperaturintervalle liefern 12,22 × 2 = 24,44 m Rohr: Die ersten 24,44—23,0 = 1,44 m des Transmissionsrohres liegen also im 2. Temperaturintervall und jede 12,2 m desselben in einem weiteren Intervall mit entsprechendem Transmissionsvermögen (vergl. Tableau).

Hiernach transmittieren:

die ersten	1,44 m	Rohr im	2. Intervall	205 W.-Einh.
" folgenden	12,22 "	" "	3. "	1535 "
" "	12,22 "	" "	4. "	1342 "
" "	12,22 "	" "	5. "	1160 "
" "	12,22 "	" "	6. "	989 "
" "	12,22 "	" "	7. "	827 "
" "	5,10 "	" "	8. "	280 "
zusammen	67,64 m	Rohr.		6338 W.-Einh.

und bedingt demnach der Wärmebedarf des entfernt liegenden Zimmers gegen den Durchschnittsbedarf à 8 W.-Einh. eine Mehrverwendung von 3 m Rohr.

Zimmer Nr. 2 (System IV).

Das Rohr tritt nach Zurücklegung eines Weges von 38,5 m (vergl. Cirkulationsgang) in das Zimmer ein. Es liegen demnach 4 × 12,22—38,5 = 10,38 m Rohr im 4. Intervalle.

Wärmebedarf lt. Übersicht: 1753 W.-Einh.
17,89 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

Es transmittieren nun:

die ersten 10,38 m Rohr im 4. Intervall 1141 W.-Einh.,
und bleiben zu verteilen 612 "
oder:
612 : 95,1 = 6,43 m Rohr im 5. Intervall
zusammen 16,81 m Rohr mit . . . . 1753 W.-Einh.;

d. h. der Rohrbedarf bleibt in Zimmer Nr. 2 1,09 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 3 (System IV).

Das Rücklaufrohr hat, bis zum Eintritt ins Zimmer zurückgelegt, 45,31 m. Das Steigerohr ist 2,8 m lang und liegt im 3. Temperaturintervall.

Wärmebedarf lt. Übersicht: 1753 W.-Einh.
17,88 m durchschnittlichen Rohrbedarf.

Es transmittieren aber:

2,80 m	Steigerohr im 3. Intervall	304 W.-Einh.
3,57 "	Rücklaufrohr (48,88—45,31) im 4. Intervall	393 "
11,06 "	" im 5. Intervall	1056 "
17,43 m	Rohr	1753 W.-Einh.

Der Rohrbedarf in Zimmer 3 bleibt 0,46 m unter dem Durchschnittsbedarf.

Zimmer Nr. 4 (Salon). System IV und III.

Das Steigerohr des IV. Systems tritt in das Zimmer Nr. 4 nach Zurücklegung eines Weges von 9,1 m, es liegen also 3,1 m Steigerohr im 1. Intervall. Das Retourrohr hat beim Eintritt 63,99 m durchlaufen und liegen 73,33—63,99 = 9,33 m Rohr im 6. Intervall.

Wärmebedarf lt. Übersicht: 6829 W.-Einh.
69,68 m durchschnittlicher Rohrbedarf.

Es transmittieren nun von System IV:

3,10 m Steigerohr	im 1. Intervall	500 W.-Einh.	
12,20 „ „	„ 2. „	1737 „	
0,08 „ „	„ 3. „	10 „	
9,33 „ Rücklaufrohr	„ 6. „	757 „	
6,05 „ „	„ 7. „	413 „	
30,76 m Rohr des IV. Systems.			3416 W.-Einh.,

ferner transmittieren im III. System:

6,50 m (24,44—17,95)	im 2. Intervall	925 W.-Einh.	
12,22 „	„ 3. „	1535 „	
10,00 „	„ 4. „	951 „	
28,72 m Rohr des III. Systems.			3411 „
oder 59,48 m Gesamtbedarf mit zusammen			6827 W.-Einh.

In dieser Art ist die Rechnung fortzusetzen; man erhält alsdann die in nachstehender Übersicht des Wärmebedarfs eingetragenen Rohrlängen unter Berücksichtigung der, den Temperaturintervallen entsprechenden Transmission. Kolumne 4 enthält dagegen den durchschnittlichen Rohrbedarf, wie er dem mittleren Transmissions-Koeffizienten der Anlage entspricht. Dieser Koeffizient ist von erheblichem Werte für die vorläufige Bestimmung der Rohrlängen in den zu heizenden Piecen, für das „Auslegen der Rohre" und die Vereinigung derselben zu Systemen von gleicher Länge.

Übersicht des Wärmebedarfs und Verteilung der Transmissionsröhren der Heißwasser-Mitteldruckheizung in der Villa des Herrn v. Maya zu Lipnik (Österreich-Schlesien).

System	Zimmer Nr.	Wärmebedarf der Zimmer W.-Einh.	Durchschnittlicher Rohrbedarf à lfd. Meter 68 W.-Einh.	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur: im einzelnen m	Rohrverteilung unter Berücksichtigung der Temperatur: im ganzen m	Wärmeproduktion im: einzelnen W.-Einh.	Wärmeproduktion im: ganzen W.-Einh.	Rohrverteilung nach der Ausführung m
I.	1	6336	64,65		67,64		6338	64,65
IV.	2	1753	17,89	10,38 6,43	16,81	1141 612	1753	15,38
IV.	3	1753	17,89	2,80 14,63	17,43	304 1449	1753	16,01
IV. und III.	4	6829	69,68	15,38 15,38 29,28	60,04	2247 1169 3411	6827	66,23
III.	5	1753	17,89	8,95 8,95	17,90	1344 437	1781	17,89
III.	6	1753	17,89	17,29 3,29	20,58	1573 180	1753	18,83
III. und II.	7	5999	60,26	26,99 33,71	60,70	2187 3812	5999	60,26
II.	7a	1200	12,24	7,28 2,00	9,28	1038 162	1200	10,67
II.	8	4060	41,43	10,90 28,36	39,26	1808 2252	4060	41,43
II.	9	2429	24,79	4,86 26,40	31,26	758 1671	2429	30,13
I. und IV.	10	6061	61,83	12,40 12,40 37,23 8,60	70,63	1998 538 2135 1401	6072	66,22

Bemerkungen zu vorstehender Tabelle.

Die Kolumne 6 der tabellarischen Übersicht giebt die Resultate der Rohrverteilung auf Grund theoretischer Ermittelung, während solche in Kolumne 9 auch nach den Maßen der Ausführung beigefügt sind. Diese a posteriori bestimmten Zahlenwerte weichen nicht erheblich von den durch die Theorie gefundenen ab: sie stützen sich auf umstehende, aus älteren Perkins'schen Beobachtungen abgeleitete Tabelle der Rohrtransmission. Dabei ist jedoch unterstellt:

daß das Transmissionsrohr 150 m lang sei, mit 150° in die Zimmer eintrete und mit 70—80° C. aus denselben zum

Ofen zurückkehre. — Die Initialtemperatur des Wassers (150° C.) entspricht dabei dem Nullpunkt der oberen Reihe.

Diese 1. Zahlenreihe repräsentiert das in Intervallen von 10 m fortschreitende Transmissionsrohr. Jeder Meter desselben transmittiert — bezogen auf den mittleren Koeffizienten des Systems — 100 W.-Einh. und demnach jeder Längenintervall 1000 W.-Einh.

Die 2. Zahlenreihe der Tabelle giebt die gleichwertige Rohrlänge, welche der wirklichen Wärmeabgabe des zugehörigen Längenintervalles entspricht.

Danach transmittieren:

im 1. Intervall 6,5 m Rohr = 1000 W.-Einh.,
„ 2. „ 6,9 „ „ = 1000 „ u. s. w.

Die 3. Zahlenreihe endlich enthält die in sämtlichen Intervallen zur Erzielung von 100 W.-Einh. nötige Rohrlänge.

Tabelle der Rohrtransmission für Heißwasser-Mitteldrucksysteme (nach Bacon).

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
0	6,5	13,4	20,7	28,4	36,5	45,1	54,2	63,8	74,0	84,8	96,2	108,3	121,2	135,1	
	0,65	0,69	0,73	0,77	0,81	0,86	0,91	0,96	1,02	1,08	1,14	1,21	1,29	1,39	1,52

Die Ziffern der 3. Zahlenreihe werden erhalten, indem man die darüber stehenden benachbarten Zahlen subtrahiert und ihre Differenz durch 10 dividiert, also (13,4—6,5) : 10 = 0,69 u. s. f.

Bestimmung der Fensterschlangen. Nachdem der Rohrbedarf der Räume durch Rechnung ermittelt ist, hat der Heizingenieur die gefundenen Rohrlängen in angemessener Weise an den Fronten und sonst geeigneten Zimmerwänden unterzubringen. Nur selten genügt dazu die Länge der beiden geraden Fußbodenrohre, es sei denn, daß der Wärmebedarf (wie in Zimmer Nr. 5 des vorhergehenden Beispiels) gering ist und das Rohr mit hoher Temperatur eintreten kann. In den sonstigen Fällen ist also die Anlage von Spiralöfen geboten und als einfachster, auch nicht Raum absorbierender Heizkörper die O-förmige Fensterschlange in Gebrauch (Fig. 200b). Ihre Länge ist allemal bedingt durch die Maße der Fensterbrüstung. Letztere haben in unserem Beispiel 1,30 m Länge bei 0,25 m Tiefe und werden dem entsprechend die Enden der Schlange mit einem Krümmungsradius von mindestens 5 cm gebogen. Die Außenlänge beträgt dann 0,83—1,00 m und die Abwickelung eines Ringes, bei 0,83—1,00 m Länge der geraden Stücken, 2,2—2,5 m. Ein genügender Spielraum für die Luftcirkulation soll an allen Seiten verbleiben und vom hölzernen Fensterpanel bleibt man 4—5 cm entfernt.

Der Höhe nach werden die Schlangen in 5—10 Ringen gewunden. In unserem Beispiel enthalten die größten Spiralen 30,76 m, die kleinsten 8,79 m Rohrlänge, in allen Fällen aber müssen die beiden Fußbodenrundrohre und die Spirale zusammen mindestens den in Kolumne 6 der Tabelle eingetragenen Wert erreichen. Besser ist es, einige Prozent Zuschlag, mit Rücksicht auf die ungünstigere Transmission der Schlangenrohre, zu geben, denn die am untersten Rohre vorgewärmte Luft tritt schon mit höherer Temperatur an alle oberen Rohre, was bei geraden Fußbodenröhren nicht der Fall ist.[1])

Anm. C. Schinz hat daher als vorteilhaft für Cirkulations-Fensterspiralen die Anlage von ∞-förmigen parallelen Flachschlangen empfohlen.[1]) Da aber in den gewöhnlichen Brüstungen von 25 m Tiefe höchstens 5 derselben zu placieren sind, so können — selbst wenn deren Krümmungsdurchmesser 0,40 m beträgt — bei 1,3 m Nischenlängen und dem üblichen Spielraum nur 15 m Rohr in einer Brüstung untergebracht werden. Oder man ist gezwungen, die Kästen ins Zimmer vortreten zu lassen, was in der That bei $1^1/_2$ Stein starken Wänden vielfach geschieht; Flachschlangen von der Form, welche Fig. 199 darstellt, lassen sich in flachen Brüstungen ebenfalls doppelt und dreifach anbringen und enthält dann jede Schlange bei 6 Windungen 9,5 m Rohr.

1) Daß auch die Cirkulation in den 4 Viertelkreiswindungen jedes Ringes erheblich beeinträchtigt wird, ist durch Rechnung zu erweisen.

1) Dingler, Polyt. Journal, Jahrg. 1876, S. 101.

B. Die Dampfheizung.

§ 58.

Die in § 52, 53 u. 57 behandelte Centralheizmethode von Perkins beruht auf der Cirkulation eines Wärme tragenden Mediums, welches durch die umschließenden Hüllen verhindert wird seinen Aggregatzustand zu verändern, daher die zugeführte Wärmemenge lediglich zur Erhöhung seiner Temperatur benutzt. Daß dabei die Kohäsion überwunden, also die Verteilung der Moleküle verändert, auch der von außen auf die Oberfläche ausgeübte Druck durch Ausdehnung des Körpers überwunden wird, ist aus der Wärmelehre bekannt.

Andere Verhältnisse treten ein, wo der Dampf als Träger der Wärme benutzt werden soll. Bei der Verdampfung eines flüssigen Körpers besteht die von der Wärme hervorgebrachte Wirkung hauptsächlich in der Änderung des Aggregatzustandes: die ganze Wärme, welche der, unter bestimmtem Druck siedenden Flüssigkeit zugeführt wird, kann nun zur Verdampfung verwendet werden, wobei die Temperatur des gebildeten Dampfes gleich derjenigen der Flüssigkeit ist und die Temperatur der letzteren unverändert bleibt.

Die Anzahl Wärmeeinheiten, welche nötig sind, um 1 kg einer Flüssigkeit von 0° C. in ebensoviel gesättigten Dampf von T° zu verwandeln, nennt man die „**totale**

Verdampfungswärme"; dieselbe ist von Regnault für eine Anzahl von Flüssigkeiten bestimmt worden. Für das Wasser ist sie ausgedrückt durch die empirische Formel:

$$C = 606{,}5 + 0{,}305\,T \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Wenn aber die Anfangstemperatur des Wassers nicht 0^0, sondern $+ t^0$ ist, so sind die zur Erwärmung von 0^0 auf t^0 erforderlich gewesenen Wärmeeinheiten in Abzug zu bringen. Diese Wärmemenge, welche 1 kg Wasser von 0^0 auf t^0 erhöht, ist gegeben durch die Reihe:

$$q = t + 0{,}00002\,t^2 \times 0{,}0000003\,t^3 \quad . \quad . \quad (2)$$

Zur Verwandlung von 1 kg Wasser von 100^0 in gesättigten Dampf von 100^0 sind also erforderlich:

$$C_1 = 637 - 100{,}5 = 536{,}5 \text{ W.-Einh.} \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Die Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken gründet sich nun auf die Fähigkeit des Wassers, beim Übergang in dampfförmigen Zustand die beträchtliche Menge von 536,5 W.-Einh. pro Kilogramm aufzunehmen, diese, in Röhren eingeschlossen, auf große Entfernungen zu übertragen und in den tropfbar flüssigen Zustand zurückzukehren, sobald der Dampf mit kalten Oberflächen in Berührung kommt.

Bei dem Vorgange der Kondensation des Dampfes wird dann der verlangte Bruchteil der in ihm enthaltenen Wärme frei und teilt sich dem Raume mit, in dem die Kondensation vor sich geht. Zu jeder Dampfheizungsanlage sind daher zunächst erforderlich:

a) ein Kessel, in dem man eine geeignete Menge Wasser verdampfen läßt;
b) Verteilungsröhren, welche den Dampf an die verschiedenen Lokale abzugeben haben;
c) Kondensationsgefäße, in denen der Dampf seine Wärme absetzt und dabei sich kondensiert;
d) Rückflußröhren, welche den überschüssigen Dampf und das Kondensationswasser abführen.

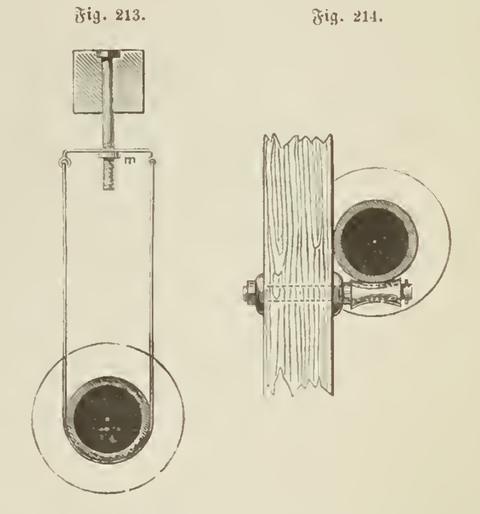
Es kann nun der Dampf entweder einem schon anderweitig im Gebäude vorhandenen Dampfkessel entnommen werden, oder es wird ein eigener Kessel für die Heizung installiert, der dann gewöhnlich mit Niederdruck arbeitet.

Geschichtliches.

Der Gedanke, ein ganzes Gebäude durch Schlangenröhren, deren Wärmerezipient im Keller desselben angebracht ist, zu erwärmen, rührt von dem Kolonel W. Cook her (1745). Eine praktische Anwendung dieser Idee wurde jedoch erst durch James Watt 1784 gemacht, der den abgehenden Dampf der Maschine zum Heizen seiner Bureaux benutzte. Sein Associé Boulton verwendete den Dampf zur Erwärmung von Bädern und später in größerem Maßstabe zu gleichem Zweck für Werkstätten und Seidenspinnereien. — Das erste Patent auf Benutzung des Dampfes zur Heizung eines mehretagigen Gebäudes nahm John Hoyle 1791. Nach jener Zeit aber gewann die Anwendung im großen Maßstabe bedeutend an Platz, namentlich in den Fällen, wo der Dampfgenerator bereits anderweitig bestand, wo der Raum zur Aufstellung von Öfen beschränkt war, und sonst ökonomische Rücksichten in Betracht kamen.

In den letzten beiden Decennien hat die Dampfheizung eine sehr bedeutende Vervollkommnung und demzufolge häufigere Anwendung erfahren, nachdem die bisherigen Bedenken gegen dieselbe durch vorgeschrittene technische Behandlung beseitigt sind. — In gleichem Maße hat sich die Furcht vor Dampfkesseln verringert und die Aufstellung von Röhrenkesseln[1]) für Hochdruckdampf ist gesetzlich auch in und unter bewohnten Räumen gestattet, sobald die Kesselröhren nur gewisse Dimensionen nicht überschreiten.

Als Kondensationsapparate verwendete man anfänglich nur cylindrische Röhren von Gußeisen, deren Durchmesser gewöhnlich nicht unter 6—7 cm und kaum über 20 cm betrug. Sie wurden namentlich in Fabriken mittels einfacher Drahtseile oder Eisenbänder (Fig. 213) an der Decke aufgehängt und durchzogen, so das Fabriklokal. Wo hölzerne Säulen vorhanden waren, legte man die Röhren auf drehbare Rollen (Fig. 214), und wo sie an den Umfassungswänden umhergeführt werden mußten, wurden sie auf eingemauerte Konsole von Stein oder Eisen gelagert.


Fig. 213. Fig. 214.

Aber diese Methode der Anbringung von Heizrohren nahe der Decke ist rücksichtlich der Erwärmung der Lokale durchaus unzweckmäßig zu nennen, da den im Fabriksaal

1) Diese Kessel wurden im Anfang der 40er Jahre durch Dr. Ernst Alban konstruiert, ohne gehörige Anerkennung zu finden. Später sind sie durch Root und Belville in Deutschland eingeführt und mannigfach modifiziert worden. Auch der Heine'sche Patent-Wasserrohrkessel für Dampfbetrieb gehört hierher.

beschäftigten Personen die Wärme der oberen Luftschichten kaum zu statten kommt. In architektonisch ausgestatteten Räumen legt man vielfach die Kondensationsrohre in gemauerte Kanäle, die unterhalb des Fußbodens angebracht und mit durchbrochenen, eisernen Platten abgedeckt werden, welche das Austreten der Wärme gestatten. Solche Anordnungen wurden bereits in § 47 (Kanalheizung) besprochen.

Um der Längenausdehnung der Rohre Rechnung zu tragen, legt man dieselben auf Walzen von Glas oder Gußeisen; man giebt ihnen auch eine geringe Neigung (1 : 250), um das Abfließen des Kondensationswassers zu erleichtern.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß die Anlage von Heizrohren im Fußboden im allgemeinen feuersichere, also gewölbte, Deckenkonstruktionen zur Voraussetzung hat, und daß das Eindringen von Staub und sonstigen Verunreinigungen in die Kanäle mancherlei Unzuträglichkeiten hervorruft.

In öffentlichen Gebäuden und in Wohnräumen verwendet man gußeiserne Kondensationsgefäße von parallelopipedischer oder cylindrischer Form sogenannte „Register“, welche zur Vergrößerung der Heizfläche mit vertikalen Strahlungsrippen versehen sind. — Diese einfachen Gefäße umkleidet man aus ästhetischen Rücksichten mit durchbrochenen Mänteln in Form von Schränken, Etageren, Säulen oder dergleichen.

Die Heizkörper, welche man in Nischen oder Fensterbrüstungen aufstellt, bestehen dagegen vielfach auch aus gewundenen Dampfrohren, sogenannten Dampfschlangen, an deren oberem Ende der Dampf einströmt, während durch das untere Rohr das Kondensationswasser abfließt.

Der Mantel besteht aus Holz mit vergitterten Füllungen oder besser solchen aus perforiertem Eisenblech. Vergl. auch Fig. 201 und 202.

Ein Übelstand der Dampfheizungen ist die geringe Reservationskaft der Kondensationsapparate, denn sobald die Register abgesperrt sind, erkalten sie, und es ist keine andere Wärme als die in den Wänden reservierte im Lokale vorhanden.

Für Versammlungssäle, Auditorien ꝛc. ꝛc., in denen sich zuweilen viele Menschen gleichzeitig aufhalten, oder wo eine starke Abendbeleuchtung stattfindet, ist dieser Mangel an Reservationsvermögen ebenso häufig ein besonderer Vorteil, der sogar zur Wahl dieser Heizmethode Veranlassung geben kann. Um aber doch für einzelne Räume des Gebäudes Wärme reservieren zu können (unter Beibehaltung derselben Art von Wärmerecipienten), hat man Heizkörper konstruiert, in welchen sich Wasser befindet, das durch zuströmenden Dampf bis auf 100° erwärmt wird. Jede derartige Kombination heißt Dampfwasserheizung.

Dieses kombinierte System verbindet die Vorteile der Wasserheizung (starke Reservation) mit denjenigen der Dampfheizung (schnelle Erwärmung), denn das Wasser nimmt sofort die Temperatur des zuströmenden Dampfes an, und wenn der Dampf abgesperrt wird, bleibt in dem Wasser des Transmissionsgefäßes die Wärme reserviert. Diese Anordnung wurde zuerst von den Brüdern Henry und Charles Price in Bristol um 1829 ausgeführt und von Grouvelle später für die Männerabteilung des Hospitals Lariboisière zur Anwendung gebracht, wo sie seit 1854 mit Erfolg in Gebrauch ist.

Die von der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur nach ihrem erprobten System ausgeführten Dampfwasserheizungen erfreuen sich wegen ihrer Vortrefflichkeit großer Beliebtheit; dieselben haben sich durch eine Reihe von Ausführungen verschiedener Größe bewährt, so am Zürcher Polytechnikum seit 1867. Auch diese Heizmethode wird im Anschlusse an die reine Dampfheizung im nachstehenden zu besprechen sein.

Fragen wir nach den wesentlichsten Vorzügen der Dampfheizungsmethode, so bestehen sie:

1) in der großen Geschwindigkeit und Leichtigkeit, mit welcher der Dampf auf weite Entfernungen geführt werden kann;

2) in der beliebigen Ausdehnung des Heizsystems, so daß ganze Gebäudekomplexe, wie die rheinischen Provinzial-Irren- und Blinden-Anstalten, von einer einzigen Centralstelle aus geheizt werden können[1];

3) in dem geringen Durchmesser der Röhren; endlich

4) in der Leichtigkeit, mittels angebrachter Ventile die Temperatur eines gegebenen Raumes in kürzester Zeit zu erhöhen oder zu mäßigen, wobei freilich die richtige Bestimmung der Transmissionsflächen Bedingung bleibt.

Daß jede Gefahr ausgeschlossen ist, mag nebenher erwähnt werden, da die Temperatur des Dampfes bei $^1/_2$ Atmosphäre Überdruck höchstens 112° C. erreicht. Bei dieser Temperatur werden organische Substanzen nicht versengt oder verbrannt, so daß auch vom hygienischen Standpunkt eine normale Beschaffenheit der Luft zu konstatieren ist.

---

1) Diese Anstalten befinden sich in der Nähe von Düsseldorf, Bonn, Andernach, Düren und Merzig. Sie sind mit Dampfwasserheizung (System Sulzer) versehen und die Leitungen, Fittings ꝛc. von dem Eisenwerk Kaiserslautern, bezw. vom Ingenieur Haag in Augsburg eingerichtet worden. — In der Stadt Lockport im Staate New-York wurden schon während des Winters 1877—78 gegen 200 Häuser nach dem Central-Dampf-Heiz-System von Mr. Birdsyll Holly von einer Centralstelle aus geheizt. Ähnliche Versuche wurden in New-York und Buffalo vorgenommen.

§ 59.

Die Dampfleitung. Bei der Disposition der Anlage hat man darnach zu streben, daß das Hauptsteigerohr, welches den größten Durchmesser erhält, vom Kessel aus direkt nach dem Dachboden geht, daselbst in nahezu horizontaler Richtung geführt wird, den Dampf durch Zweigrohrleitungen verteilt und denselben durch Vertikalstränge nach den einzelnen Heizkörpern führt. Es fließt dann alles im Hauptrohre sich kondensierende oder aus dem Kessel mit fortgerissene Wasser an den Rohrwänden in den Kessel zurück. Auch das Kondenswasser der horizontalen Stränge fließt vor dem Dampfe durch die Vertikalstränge ab, wodurch jede Strömung des Wassers gegen den Dampf und somit das „Knattern“ in der Leitung vermieden wird. Das Kondensationswasser aus den Heizkörpern fließt endlich auch in vertikalen Strängen nach dem Keller, wird dort durch horizontale Leitungen vereinigt und nach dem Kesselraum zur Speisung des Kessels zurückgeführt.

Als Material zur Rohrleitung empfiehlt sich Kupfer oder, wo der höhere Preis desselben in Betracht kommt, Schmiedeeisen, letzteres auch verzinkt. Geradlinige Leitungen fertigt man der Billigkeit wegen auch aus Gußeisen; zu leichten Leitungen verwendet man Rohre aus starkem Weißblech, die durch Nietung und Verlötung hergestellt werden. Der Durchmesser der Leitungsröhren soll nicht zu eng sein, um unnötige Reibungswiderstände zu beseitigen, jedenfalls dem zu leitenden Dampfvolum entsprechen und den Abfluß des Kondensationswassers gestatten. Damit jedoch die Bildung von Kondensationswasser auf ein geringes Maß beschränkt werde, sind die Rohre gut zu umhüllen, d. h. entweder mit Strohseilen und einem Mantel von Haarlehmmörtel oder mit einer 25—40 mm dicken Lage von Leroy'scher Patentmasse zu bekleiden.

Rohrverbindungen. Gußeiserne Röhren erhalten gewöhnlich Flanschenverbindungen. Zwischen dieselben wird ein Ring von weichem Kupferdrahte, der im Querschnitte zickzackförmig ist, eingelegt. Durch das Anziehen der Flanschen drückt sich der Kupferdraht zusammen und bringt die dauerhafteste Dichtung hervor; jedenfalls ist solche metallische Dichtung derjenigen mit Kitt erheblich vorzuziehen. — Schmiedeeiserne Rohre erhalten bis zu 52 mm Durchmesser Muffenverbindung; zu stärkeren Rohren werden Flanschen oder Verbindungsmuffen angewendet, wie solche schon bei der Verbindung der Perkinsrohre auf Seite 140 besprochen und (Fig. 188) dargestellt sind. Diese Muffen haben rechts- und linksgängiges Gewinde, und das eine der beiden Rohrenden ist kegelförmig zugeschärft oder, wie der technische Ausdruck es nennt, mit „Schweinsrücken“ versehen. Beim scharfen Anziehen der Verbindungsmuffe findet gegenseitige Verdrückung des Schmiedeeisens der Rohrenden statt.

Manche Konstrukteure versehen beide Rohrenden mit Zuschärfung und legen zwischen dieselben einen Ring von weichem Kupfer, in welchen sich die zugeschärften Enden eindrücken, wenn die Muffe angezogen wird.

Die Flanschen schmiedeeiserner Rohre werden entweder aufgelötet oder mit den Rohrenden vernietet oder verschweißt. Die Bundringe am Rohrende werden ebenfalls aufgeschweißt. Behufs Verbindung der Rohrenden legt man entweder lose Flanschen hinter die Bundringe (Fig. 215), oder man bedient sich einer Rohrschelle, welche sich hinter den Bundring des einen Rohrendes legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des anderen Rohres eingreift.

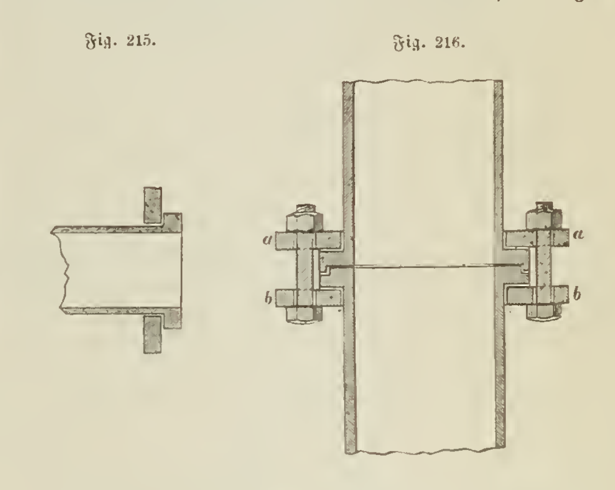


Fig. 215. Fig. 216.

Fig. 216 zeigt eine Verbindung der mit Bundringen versehenen Rohrenden mittels lose aufgeschobener Flanschen a und b, welche durch Schraubenbolzen zusammengezogen werden; in die Dichtungsfuge ist ein Ring von Kupferdraht eingelegt.

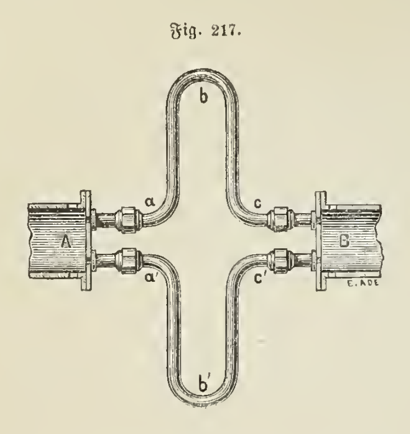
Wo Abzweigungen schmiedeeiserner Rohre erforderlich werden, da bedient man sich, wie bei der Heißwasserheizung, sogenannter Façonstücke oder T-Stücke. Geht die Leitung in veränderter Richtung weiter, so sind Bogenstücke erforderlich; ist dann der Krümmungshalbmesser nicht kleiner als der dreifache Rohrdurchmesser, so kann die Krümmung auch durch Biegen der Rohre hergestellt werden.

Die Abzweigungen der gußeisernen Rohre werden durch Stutzen oder besonders eingelegte T-Stücke gebildet. Falls die im Handel vorkommenden gußeisernen Bogenstücke für vorkommende Ablenkungen oder Krümmungen nicht ausreichen, werden dieselben eigens für den Bedarf gestaltet und gegossen.

Die Längenausdehnung der Rohrleitungen wird durch untergelegte Rollen erleichtert. Zu gleichem Zwecke ist es vorteilhaft, nur das eine Ende des Rohrstranges zu befestigen und das andere frei zu lassen. Geht dies nicht an, so muß — wenigstens bei längeren Strängen — eine Kompensations-Vorrichtung eingeschaltet werden.

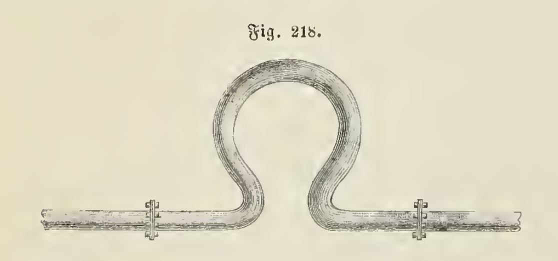
Darunter versteht man Zwischenstücke von variabler Form, welche die zusammenstoßenden Rohrenden so verbinden, daß innerhalb geringer Grenzen eine Annäherung und Entfernung derselben möglich ist.

Fig. 217.



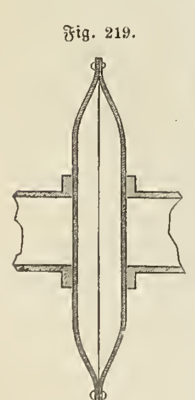
Einer der gebräuchlichsten Kompensatoren besteht aus zwei dünnen biegsamen Kupferröhren b und b' (Fig. 217), welche U förmig zwischen die Rohrenden A und B eingesetzt sind und infolge ihrer Elastizität der Bewegung der Enden

Fig. 218.



des Rohrstranges folgen. Das obere Rohr b dient für den Dampf, das untere b für das Kondensationswasser. Man kann indessen die Kompensationseinrichtung noch vereinfachen, wenn an Stelle der Röhren b und b' ein einziges gebogenes Rohr von größerem Durchmesser eingeschaltet und dieses nicht vertikal stehend, sondern horizontal liegend angeordnet wird, damit Dampf und Kondenswasser durch dasselbe fließen können (Fig. 218). Wo das Anbringen krummer, biegsamer Rohre nicht angänglich ist, da verwendet man Kompensatoren aus biegsamen Platten nach Art der Fig. 219, welche in das Rohrsystem an geeigneter Stelle eingeschaltet werden. — Auch mehrere derartige tellerförmige, getriebene Scheiben lassen sich nebeneinander einfügen, wenn die Länge des Stranges starke Ausdehnungen voraussehen läßt. Es ist allerdings auch durch diese Gattung von Kompensatoren die Möglichkeit gegeben, daß die nie ganz zu vermeidenden Schmutzablagerungen hier eine, von der Dampfströmung nicht betroffene Stelle finden, wo sie sich verdichten und die Elastizität der biegsamen Platten behindern. Ist aber für Plattenkompensatoren Raum nicht vorhanden, so bedient man sich wohl auch einer Stopfbüchse mit eingeschaltetem Kupfer- oder Messingrohre.

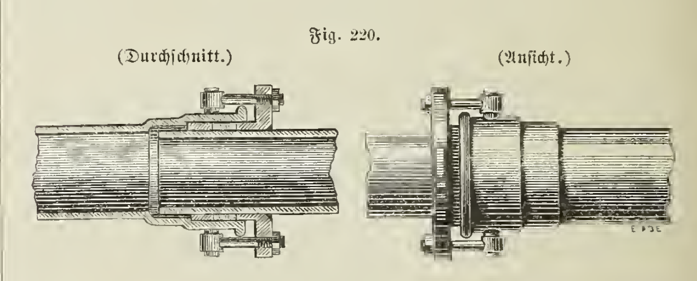
Fig. 219.



Weite Leitungsröhren, bei denen die Muffenverbindung zur Anwendung kommt, können leicht so verbunden werden, daß das biegsame Kompensationsstück fortfällt. Man läßt alsdann (vergl. Fig. 220) zwischen dem eingeschobenen Rohrende und dem Grunde der Muffe einen Spielraum für die Ausdehnung. Die Dichtung der hinteren Muffenfuge geschieht mit in Talg getauchten Hanfzöpfen. Sorgsame Ingenieure legen an der Bewegungsstelle die schon erwähnten Messingbuchsen ein.

Fig. 220.

(Durchschnitt.) (Ansicht.)

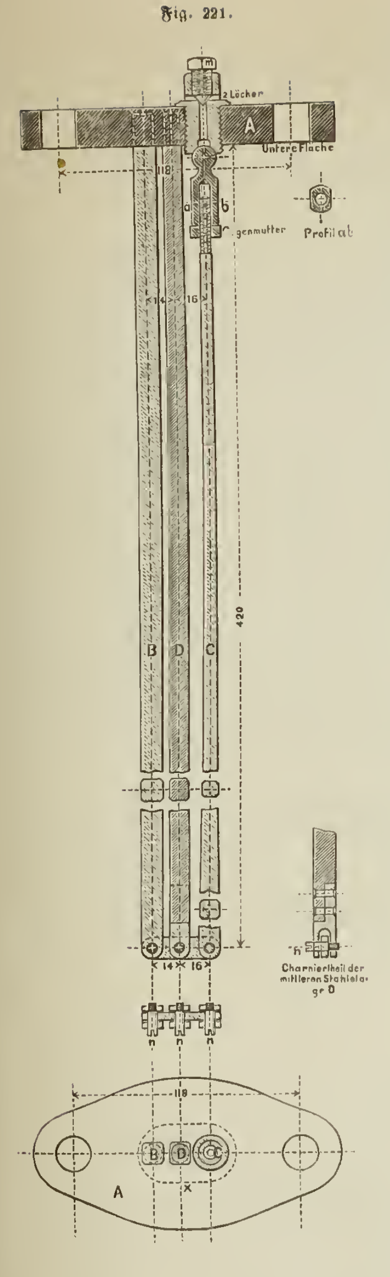


Luftein- und Luftauslaßventile. Ganz besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß die Luft aus den Kondensationsapparaten und aus den Leitungen ausgetrieben werde, sobald die Heizung beginnt, und daß dieselbe, wenn Dampf nicht mehr entwickelt wird, den Transmissionsgefäßen zugeführt wird. Denn es bildet sich, sobald der Dampf abgestellt ist, infolge der Kondensation desselben überall da, wo Dampf war, ein luftverdünnter Raum. Bei Heizkörpern von geringer Wandstärke kann daher leicht ein Zusammenklappen stattfinden. Außerdem würde beim Wiederanlassen der Heizung nicht nur Dampf, sondern auch Wasser aus dem Kessel in die Leitung mit fortgerissen werden.

Um nun einen möglichst ruhigen Gang der Heizung zu erzielen, sind die Heizkörper so zu konstruieren, daß wenig Luftraum darin enthalten ist, daß die Luft entgegengesetzt dem Eintritte des Dampfes entweichen kann, daß der Dampf die Luft vor sich hertreibt (ohne sich mit ihr zu mischen). Zum Austritte der Luft dienen Lufthähne, Luftschrauben, Luftventile (reniflards).[1]) Früher wurden derartige Hähne durch den Heizer oder durch die Insassen des Zimmers reguliert, wobei Unregelmäßigkeiten

1) Es ist sogar zur Entfernung der Luft aus den Heizkörpern eine besondere Rohrleitung vorgeschlagen worden, in welche die Luft sämtlicher Heizkörper münden soll. Ein Hahn im Kesselhause sollte zur Regulierung des Luftein- und -austritts dienen.

Fig. 221.



unvermeidlich waren. Bei Ausführung großer Heizanlagen in mehreren Etagen und in weitgedehnten Räumlichkeiten ist deren Besorgung durch den Heizer unstatthaft; es finden dann die **selbstthätigen Luftein- und -auslaßventile** Anwendung. Ein derartiges Ventil (Fig. 221) besteht aus einem gußeisernen Flansch A, unter welchem zwei Metallstangen B und D von gleicher Länge befestigt sind. Am Ende der Stange B ist der Stützpunkt, am Ende von D der Arm eines Hebelchens befestigt. Der Hebelarm trägt eine dritte Stange C, an deren oberem Ende sich das Ventil O befindet, das in einem Ventilsitz Führung hat, welcher in der erwähnten Platte A eingesetzt ist. Die Stangen B und C sind aus **zinkreichem Messing** hergestellt, die Stange D besteht aus **weichem Stahl**; die Scharnierbolzen N und das Kugelventil O bestehen aus Rotguß. Wird nun Dampf in den Kondensationsapparat (Register) eingelassen, so verdrängt derselbe die Luft und diese bläst aus dem Ventil aus. Der Dampf dehnt aber gleichzeitig die Metallstangen aus, und zwar die Messingstange mehr als die Stahlstange (wegen der ungleichen Ausdehnung beider Metalle): die erstere drückt daher auf den Hebelarm, hebt das Ventil empor und schließt die Öffnung. Wird der Dampf abgesperrt, so erkalten die Stangen, das Ventil öffnet sich wieder und gestattet der Luft den Eintritt. Der Eintritt des Dampfes in die Heizkörper erfolgt durch **Ventile**, welche auch zur teilweisen oder vollständigen Ausschaltung benutzt werden; die Ausschaltung ganzer Rohrstränge geschieht in gleicher Weise. Gut gearbeitete **Drosselklappen** dienen zuweilen demselben Zweck.

Fig. 222 stellt ein **Dampfein- und -Retourauslaßventil** detailliert dar, und zwar Fig. 222 im Querschnitt, Fig. 223 im Längenschnitt. Die wichtigsten Dimensionen desselben sind aus der Figur zu entnehmen; der Durchmesser des Leitungsrohres beträgt 26 mm. Das Ventilgehäuse, welches aus Gußeisen besteht, wird mit dem ovalen Flansch gegen die Decke resp. den Boden des Heizkörpers verschraubt. Im vorliegenden Falle ist derselbe ein Rippenregister von 70 mm äußerem Diameter. Das Ventil besteht aus Rotguß, Ventilsitz und Stopfbüchse aus Messing.

Reduzierventile. Um den Dampfdruck in den Leitungen möglichst konstant zu erhalten und von der wechselnden Spannung im Kessel unabhängig zu machen, wendet man Reduzierventile an. Dieselben wirken automatisch und lassen nur so viel Dampf in die Leitungen eintreten, als nötig ist, um die betreffende Dampfspannung zu erhalten. Da nun in den mit den Leitungen verbundenen Heizkörpern infolge Kondensation ein stetiger Dampfverbrauch eintritt, so nimmt die Spannung endlich ab und verschwindet, wenn zu wenig oder gar kein Dampf eingelassen wurde. Um nun in jedem Falle den Druck in den Leitungen ungemindert erhalten zu können, werden so-

Fig. 222.

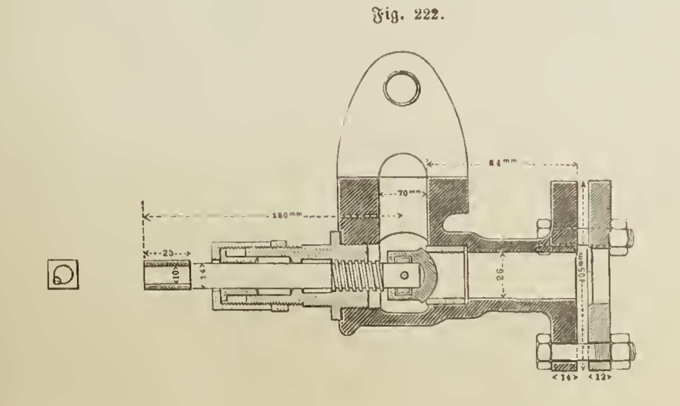
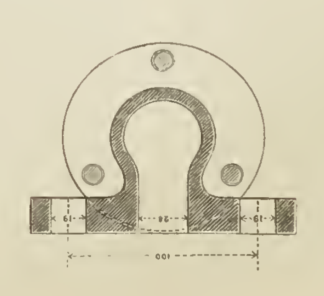
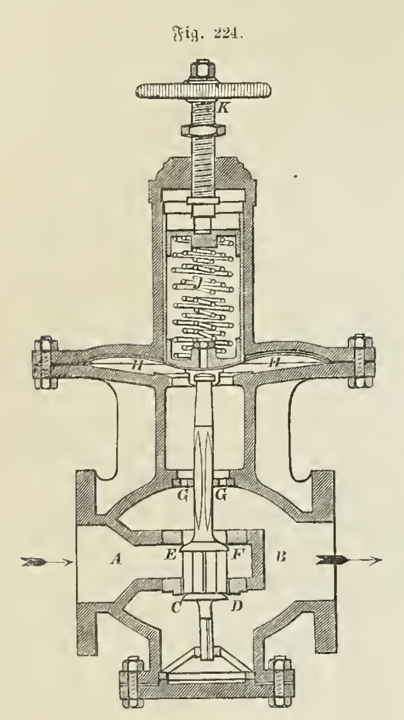


Fig. 223.



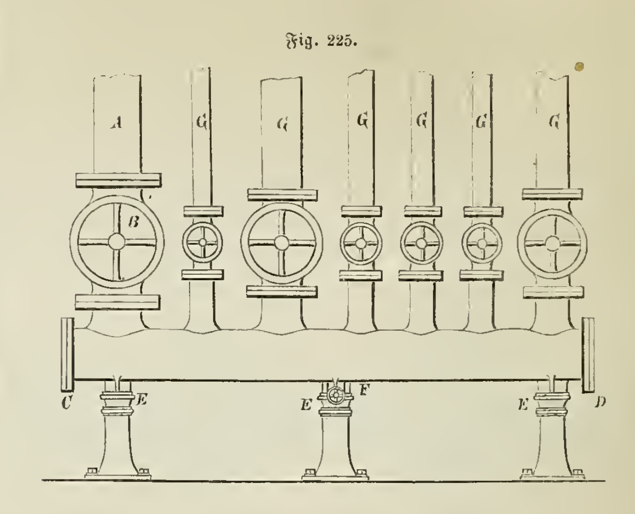
genannte „Reduzierventile“ angebracht. Ein solches Ventil stellt Fig. 224 dar. In der beistehenden Zeichnung befindet sich das Ventil bei CDEF im geschlossenen Zustande und ist doppelsitzig. Der vom Kessel kommende Dampf strömt bei A ein, und der Raum B steht mit der Ableitung in Verbindung. Nimmt dann auf dieser Seite durch Dampfverbrauch die Spannung ab, so verringert sich gleichzeitig der Dampfdruck auf die Membrane HH, und es wird durch Gegendruck der Spiralfeder J die Membrane und somit der Kolben herabgedrückt, wobei sich die Ventile bei CD und EF gleichzeitig öffnen und dem Dampf den Zugang in die Abteilung B und so mit in die Leitung öffnen. — Durch Drehung der Schraubenspindel K läßt sich auch die Spannung der Feder J regulieren und dadurch die Dampfspannung erzielen, die in der Leitung auf der Seite B nach Vorschrift stattfinden soll. Ist dann die Spirale J auf die richtige Dampfspannung eingestellt, so vermittelt das selbstthätige Ventil die Reduktion des Dampfdruckes in der Leitung und man pflegt dann zu sagen: es werde mit „reduziertem Dampfe“ gearbeitet.

Fig. 224.



Der Dampfverteiler. Wie im Eingange dieses Kapitels bereits erwähnt wurde, führt das Hauptdampfrohr direkt zum Dachboden und wird dort mit allen den Abzweigungen versehen, welche den Dampf den Fallrohren zuführen, an welche die Heizkörper angeschlossen sind. Werden, wie dies häufig geschieht, im Keller Dampfregister aufgestellt, die zur Erwärmung der Luft in besonderen Heizkammern dienen, so führt direkt zu diesen ein besonderes Dampfrohr mit seinen Abzweigungen. Zu diesem Zwecke führt man das Hauptrohr A (Fig. 225) einem auf eisernen Untersätzen stehenden Dampfsammler CD, dem sogenannten „Verteiler“, zu. Die Dampfzuströmung regelt das Ventil B im Hauptrohre. Von diesem Verteiler zweigen im vorstehenden Falle sechs Rohre GG von verschiedener Weite ab, deren jedes durch ein besonderes Ventil reguliert und abgesperrt werden kann. Das im Verteiler angesammelte Kondensationswasser wird nach Bedarf mittels des Hahnes F abgelassen und dann dem Reservoir der Speisepumpe zugeleitet. Es verdient Erwähnung, daß die Rohre G größere Durchmesser haben, weil sie nicht einzelne

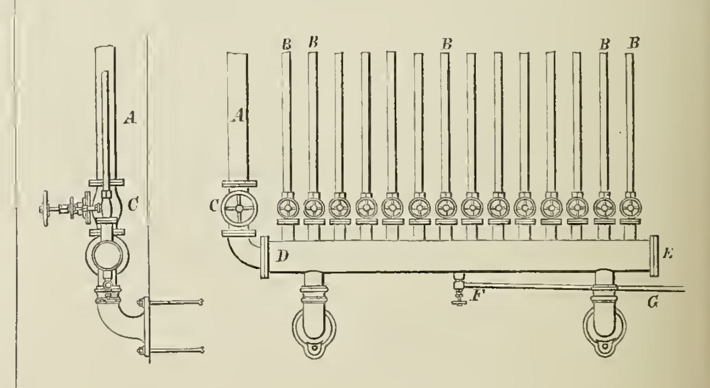
Fig. 225.



Heizkörper, sondern ganze Gruppen von Kondensationsgefäßen versorgen müssen. Der in Fig. 225 dargestellte Verteiler wird daher auch Hauptverteiler genannt und jeder der sechs Abzweige G, G wird einem Nebenverteiler zugeführt.

Ein solcher Nebenverteiler ist in Fig. 226 und 227 in Vorder- und Seitenansicht dargestellt. Der Abzweig A erhält ein Ventil C und mündet in den Verteiler DE, von dem 14 Rohre kleineren Durchmessers gespeist werden, die für dieselbe Anzahl von Heizkörpern den Dampf liefern.

Fig. 226 und 227.



Das angesammelte Kondensationswasser wird ab und zu abgelassen und dem Reservoir der Speisepumpe zugeführt.

Wenn, wie Eingangs erwähnt, die Verzweigung auf dem Dachboden stattfindet, dann werden auch die vorbeschriebenen Verteiler im Dachgeschoß untergebracht. Soll dagegen für Fälle besonderen Wärmebedarfes den Heizkörpern Dampf von möglichst hoher Spannung zugeführt werden, so sind zwei Verteiler mit Abzweigungen von dem-

selben Zuströmungsrohr erforderlich, nämlich ein Verteiler für reduzierten und einer für nicht reduzierten Dampf. Durch angemessene Ventilstellung wird dann der eine oder der andere Verteiler in Betrieb gesetzt.

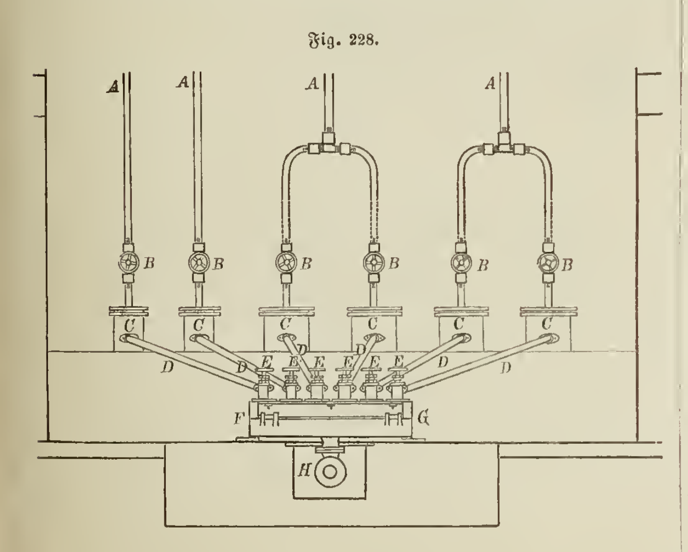
Kondensationskammern. Beim Betriebe der Dampfheizung zieht der Dampf vom Bodenraume durch irgend eines der Fallrohre abwärts, durchströmt die Öfen oder Register, welche mit dem betreffenden Rohre verbunden sind, und — nach Abgabe der Wärme — fließt das verbliebene Kondenswasser wieder in dasselbe Fallrohr zurück. Dampf und Kondensationswasser fließen daher durch dasselbe Rohr nach abwärts.

Im Kellergeschosse münden alle diese vertikalen Fallrohre in Längsleitungen ein, welche das zur schnellen Beförderung des Abflusses erforderliche Gefälle haben. Diese Abflußrohre werden bei größeren Anlagen in eine Kondensationskammer geführt. Dasselbe gilt von den Kondenswasserrohren derjenigen Heizkörper, deren Speisung mit direktem Dampfe erfolgt, ein Fall der bei Aufstellung von Dampfregistern im Kellergeschoß vorkommt.

Diese einzelnen, der Kondensationskammer zugeführten, Rohre werden hier abwärts gebogen und geben Wasser und Dampf an die Kondensationstöpfe ab. Dieselben vermitteln den Abfluß des Wassers und die Zurückhaltung des Dampfes; ihre Einrichtung ist später zu besprechen.

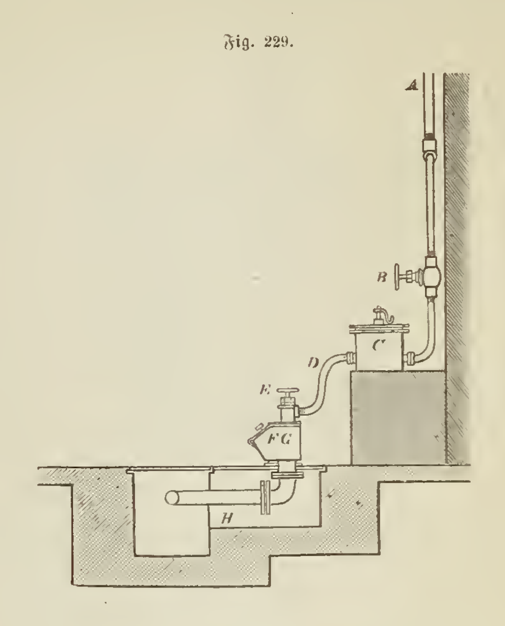
Die Einrichtung einer Kondensationskammer ist in Fig. 228 und Fig. 229 dargestellt. Unsere Ansicht Fig. 228

Fig. 228.



zeigt vier Zuleitungsrohre A, von denen zwei gabelförmig abgezweigt sind. Die Hähne B, B dienen zur Absperrung für den Fall, daß der Mechanismus eines Topfes rektifiziert werden müßte. Da die Kondenstöpfe, wie erwähnt, nur heißes Wasser abzuführen haben, so ergießen die Rohre D, D ebenfalls nur heißes Wasser in den Revisionskasten F G; von hier aus fließt das angesammelte Wasser nach dem Speisereservoir; der Revisionskasten kann durch eine Klappe geöffnet werden. Zeigt sich Dampf im Kasten, so gilt dies als Beweis, daß irgend ein Topf nicht richtig funktioniert,

Fig. 229.

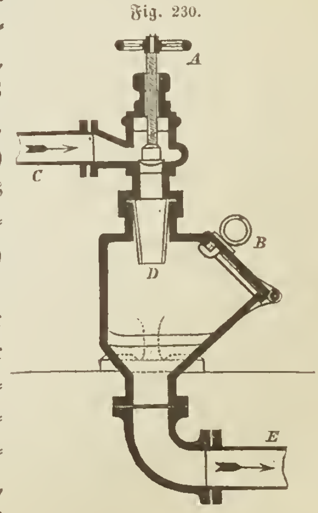


d. h. den Dampf nicht zurückhält. Durch probeweises Absperren der einzelnen Ventile wird bald herausgefunden, welcher Kondenstopf Abhilfe bedarf.

Die gabelförmige Abzweigung der beiden Stränge A, A in der Kondensationskammer ist dann nötig, wenn ein Topf für den berechneten Wasserzufluß nicht ausreicht.

Fig. 230 endlich giebt einen Durchschnitt des Revisionskastens F G (Fig. 228) im größeren Maßstabe. Jedes Zuflußrohr C endet in eine Düse D, damit beim Öffnen des Deckels B leichter ersehen werden kann, aus welchem Topfe etwa auch Dampf abgegeben wird. Das im Kasten angesammelte Kondenswasser fließt nunmehr nach dem Speisereservoir ab.

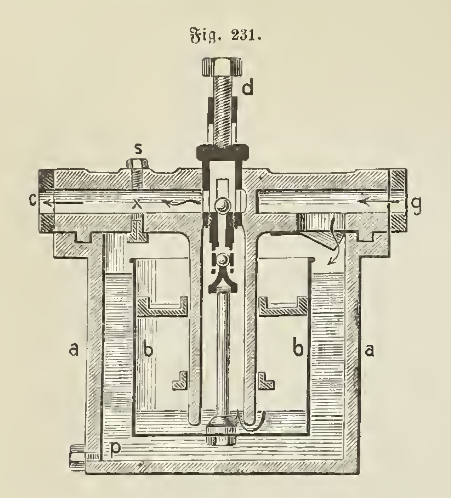
Fig. 230.



Es erübrigt nunmehr nur die Konstruktion der vorher erwähnten Kondensations-Wasserableiter durch Zeichnung und Beschreibung zu erläutern. Der Zweck derselben, dem Wasser allein Abfluß zu gewähren und zu verhindern, daß der Dampf aus den Leitungen unbenutzt in das Speisereservoir gelangt, ist durch die Ökonomie geboten.

Fig. 231 stellt einen automatischen Kondensiertopf dar, der von Schäffer & Budenberg in Magdeburg fabriziert wird. Derselbe besteht aus zwei Töpfen, einem äußeren a von Gußeisen, der oben dicht verschraubt

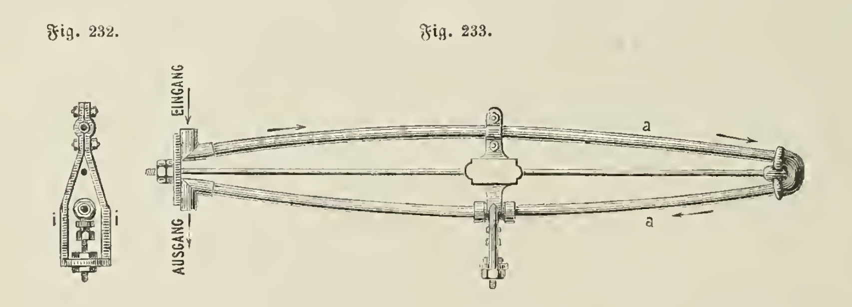
Fig. 231.



ist und einem inneren aus Kupferblech b, dem Schwimmtopf, der oben offen ist. Der Deckel enthält die Ein- und Ausgangskanäle für das Kondenswasser und das senkrechte Steigerohr dient dem Schwimmtopfe als Führung. Die in den Deckel eingesetzten Ventile werden durch Bügel und Druckschraube d fixiert. Wenn nun bei g Dampf und Kondensationswasser eintreten, so sammelt sich dasselbe im Außentopfe und der Schwimmtopf wird gehoben, schwimmt und schließt das Ventil. Steigt das Wasser höher über den Rand des Schwimmtopfes, so stürzt es in diesen hinein, bringt ihn zum Sinken und dadurch öffnet sich das Ventil. Der im Topfe stattfindende Dampfdruck treibt dann das Wasser aus dem Rohre durch das Ventil und durch C weiter nach der Cisterne. Dem Dampfe jedoch ist in allen Fällen der Austritt unmöglich, denn es bleibt immer so viel Wasser im Schwimmtopfe, daß die untere Mündung des Steigerohres abgeschlossen ist. Zur Entfernung der Luft ist bei x eine Bohrung angebracht; p ist eine Ablaßschraube.

Bei größeren Anlagen, so in der städtischen Irrenheilanstalt zu Dalldorf bei Berlin, ist der automatische Kondensationswasserableiter (Patent Kusenberg) zur Anwendung gelangt. Die Fig. 232 und 233 veranschaulichen diesen Apparat, dessen Wirkung auf der Längenausdehnung der beiden gebogenen Messingrohre a, a beruht, deren Enden durch eine in der Mitte durchgehende, schmiedeeiserne Stange gehindert werden, eine Längenbewegung zu machen. Wenn dann Dampf in der Richtung der Pfeile in die Messingrohre eintritt, so werden dieselben erwärmt, ausgedehnt und müssen — da die massive Eisenstange von der Wärme nicht alteriert wird — sich auseinander biegen. Da nun das mit dem mittleren Joche i verbundene Ventil seine Lage beibehält, so wird dasselbe in den Sitz gehoben, also geschlossen. Tritt hierauf Kondensation ein, so füllen sich die Röhren bis zum Ventil mit Wasser, ziehen sich infolge der Abkühlung zusammen, öffnen das Ventil und gestatten dem Wasser so lange Abfluß, bis wiederum Dampf eintritt und der Vorgang sich wiederholt. — Dieser Apparat arbeitet sicher unter jedem beliebigen Dampfdruck und wird in drei Größen (10, 15 und 20 mm Lichtweite) ausgeführt. Bei größeren Anlagen erhält jeder Gebäudeflügel sein regulierbares Dampfabsperrventil und jedes dieser Systeme ein besonderes Kondensationswassernetz, dessen Hauptleitung mit je einem Kondensationswasserableiter in Verbindung steht. Die letzteren münden endlich in einen Einlauftopf, an den sich die zur Kondensationswasser-Cisterne im Kesselhause führende Kondensleitung anschließt.[1]) Es ist vorteilhaft, vor Eintritt in den Kusenberg'schen Apparat das Kondenswasser einen Schlammfänger passieren zu lassen, d. h. eine topfähnliche Erweiterung in die Rohrleitung einzuschieben und hier ein feinmaschiges Drahtgewebe einzulegen, das ab und zu gereinigt werden kann. Der Schmutz, der während des Legens der Röhren in die Leitung kommt, das Abblättern beim Warmbiegen u. dgl. m. verunreinigen die Apparate auf lange Zeit, so daß wiederholte Kontrolle nötig

Fig. 232. Fig. 233.



1) Eine zusammenhängende Darstellung dieses Arrangements für die Irrenanstalt zu Düren findet man in Nr. 4, Jahrgang 1879 des „Rohrlegers".

ist. Diese und andere Schwierigkeiten sind zu überwinden, um spätere Betriebsstörungen, welche unbequemer sind, zu vermeiden.

§ 60.

Die Heizkörper für Dampfheizung können mit geringer Abweichung die Formen erhalten, welche man den Wasserheizkörpern giebt. Hiernach lassen sich unterscheiden: 1) ofenartige Heizkörper; 2) Register; 3) röhrenförmige Heizkörper mit und ohne Armierung.

1) Dampföfen älterer Form, wie dieselben Schinz in seiner Wärmemeßkunst, Art. 352 u. f., mitteilt, sind zur Zeit für neue Anlagen nicht mehr in Gebrauch, weder diejenigen konischer Form, noch die cylinderförmigen Heizkörper mit viereckigem Untersatz. Zur Erhöhung des Reservationsvermögens der Heizkörper hatte er vorgeschlagen, den Untersatz mit Quarzsteinen zu füllen, die dann während des Dampfeinströmens Wärme aufnehmen und nach erfolgter Absperrung dieselbe wieder abgeben sollten.

Die neueren Dampföfen cylindrischer Form unterscheiden sich äußerlich nicht von den Säulenöfen für Warmwasserheizung; sie werden, wie jene, voll, ringförmig, oder mit vertikalen Luftröhren durchzogen angefertigt. Während des Betriebes sind sie ganz mit Dampf gefüllt, und bleibt darin nur Wasser stehen, wenn man absichtlich durch Schließen des Dampfauslaßventils Wasser darin sich ansammeln lassen will.

Anm. Im Zellengefängnis auf dem Längholm zu Stockholm[1]) sind — nach Mitteilungen von E. Wiemann — zum Teil Dampf-Blechöfen von ringförmigem Querschnitt angebracht; bei anderen Dampfheizkörpern sind die äußeren Flächen mit Kachelbekleidung versehen, welche eine äußere Cylinderfläche bildet. In diesem Mantel wird die Wärme während der Heizung aufgespeichert.

Auch nach Art der Wasser-Röhrenöfen hat man die Heizkörper konstruiert, bestehend aus einer Anzahl vertikal gestellter Röhren von Kupfer oder Schmiedeeisen, die oben und unten in gußeisernen Sammelkästen dichtschließend eingesetzt sind. Die von Prof. J. Durm für das Vierordtbad in Karlsruhe entworfenen Dampföfen[2]) bilden einreihige vertikale Röhrenöfen mit Sockel und dekorativer Krönung. Die 1,1 m hohen Dampfröhren sind unbekleidet.

2) Dampf-Register sind (abweichend von den Registern für Warmwasserheizung) prismatische oder cylindrische Hohlräume. Sie werden zur Vermehrung der Wärmefläche mit Strahlungsrippen und — aus ästhetischen Gründen — mit einer Ummantelung versehen, für deren dekorative Ausschmückung dem Architekten mannigfacher Spielraum bleibt.

Auf Tafel 46 geben wir die Anordnung eines gußeisernen Rippenregisters für Dampfheizungen mit zugehöriger Metallummantelung, letztere nach **H. Rösike's** Patent. Fig. 1 giebt die Seitenansicht der Ummantelung, Fig. 2 den Querschnitt, Fig. 3 den Horizontalschnitt in Höhe des Ventilationskanals mit Oberansicht des Registers, Fig. 4 den Längendurchschnitt.

Das Register ist als geschlossener, prismatischer Hohlraum von 50 mm Lichtweite bei 1 m Höhe aus Gußeisen konstruiert und zur Erhaltung der Form bei starker Erwärmung der Flächen mit 6 Versteifungen versehen. An der oberen Decke bei v tritt der Dampf durch das in Fig. 222 und 223 dargestellte Einlaßventil in das Register ein, treibt die darin enthaltene Luft vor sich her und zwingt dieselbe, durch das bei u angebrachte selbstthätige Luftein- und Auslaßventil zu entweichen. Die kurze Zwischenwand s verhindert das Austreten des Dampfes auf kurzem Wege beim Anlassen desselben. Der nicht kondensierte Dampf und das Kondensationswasser strömen bei w nach den, in Kanälen unter der Kellersohle angebrachten, Kondensationswasserleitungen ab, welche dieselben zu einer automatischen Vorrichtung führen, also zu einem Kondensationstopf von Robinson, Budenberg, oder zu einem Kusenberg'schen Apparat, der das Wasser in die Sammelcisterne entläßt, aus welcher dasselbe durch die Dampfpumpe in den Kessel zurückgedrückt wird.[1])

Der dreiseitige, an die Zimmerwand sich anlehnende Metall-Mantel ist oben offen und — sofern die um o drehbare Cirkulationsklappe g die in Fig 2 angenommene Lage hat — unterhalb geschlossen. V ist der für ein bestimmtes Ventilationsquantum berechnete vertikale Kanal in der Zimmerwand, welcher frische Luft zuführt. Dieser Luftzuführungskanal wird geschlossen durch Drehung der Klappe g nach rechts, was mittels eines, außerhalb des Mantels liegenden, Hebels geschieht. Die Zimmerluft kann alsdann unterhalb am Registergehäuse eintreten, d. h. es findet Cirkulation statt.

Der obere Mantelraum ist durch das Blech i verengt. Auf der Wand a a ist ferner, um O_1 drehbar, die Mischklappe h in ganzer Mantelbreite angebracht; sie kann durch Drehung des oberen Hebels am äußeren Mantel eingestellt werden, so daß dadurch die äußere oder die innere Kammer geschlossen wird. Da nun die Heizfläche des Registers für hohe Kältegrade berechnet ist, wird an warmen Heiztagen eine Reduktion der ins Zimmer gelangenden Wärme nötig sein. Diese erfolgt durch Drehung der Mischklappe nach rechts, wobei der Austritt warmer Luft aus

1) Vergleiche: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Jahrg. 1879, Heft 3, Taf. VI, VII, VIII.

2) Mitgeteilt in Klasen, Hochbau-Konstruktionen in Eisen, Fig. 963.

1) Im Gefängnis zu Stockholm sammelt sich das Kondensationswasser in einem über den Kesseln liegenden Reservoir an und wird aus diesem durch Dampfdruck in die Kessel zurückgeschafft.

der hinteren Kammer verringert und gleichzeitig der Austritt frischer Luft aus der andern Kammer gestattet ist; beide Ströme treten gemischt in das Zimmer, wenn die Klappe vertikal steht, ohne deshalb den Grad der Ventilation zu verringern.

Wenn Ventilation nicht erforderlich ist, wie des Morgens beim Anheizen, dann wird die Cirkulationsklappe g ganz nach rechts gedreht, und ist dadurch der Eintritt frischer Luft unterbrochen, wobei nach Bedarf auch die Temperatur durch Handhabung der Mischklappe geregelt werden kann.

Die Dampfabsperrventile bleiben hierbei stets geöffnet.

3) Röhrenförmige Kondensationsapparate. Hierher gehören die sogenannten Gourney'schen Batterien, hohle Cylinder, nach Art der in Fig. 5 auf Taf. 33 dargestellten, auf welche eine große Anzahl ebener Platten aufgereiht sind. In diesen Batterien läßt man Dampf kondensieren und erwärmt dadurch die Luft der zu heizenden Räume. In Lokalen von untergeordneter Bedeutung liegen derartige Heizkörper unbekleidet in den Fensterbrüstungen und wirken genau wie die auf Taf. 33 dargestellten Rippenrohröfen. — Überhaupt ist die Form der zur Transmission des Dampfes benutzten Heizkörper eine sehr mannigfache und es mag genügen, hier die Hauptformen angedeutet zu haben.

§ 61.

Kombinierte Dampfwasserheizung.

Schon im Eingange wurde ein Nachteil der Dampfheizungen hervorgehoben, welcher aus der geringen Reservationskraft der Heizkörper entspringt und diese Heizmethode daher nicht zur Anwendung empfiehlt, wo eine gleichmäßige Temperatur nach Einstellen des Feuers erfordert wird oder, wo man gezwungen ist, für einzelne Räume in demselben Gebäude etwa auch während der Nachtzeit Wärme zu reservieren. — Es konnte nicht fehlen, daß man auf den Gedanken kam, das Kondensationswasser in den Gefäßen anzusammeln und durch den zuströmenden Dampf auf der Temperatur des Dampfes zu erhalten. Wird nun der Dampf abgesperrt, so tritt zwar sofortige Kondensation desselben ein, aber das Kondenswasser wird dann mindestens die Temperatur haben, welche bei Niederdruckheizung als die höchste angenommen wird, und während es erkaltet, wird — wie in den Wasseröfen der Niederdruckheizung — die reservierte Wärme an die Luft abgegeben.

Die Wassermenge, welche in den Heizkörpern aufgespeichert wird, kann hier geringer sein, als bei Wasseröfen für Niederdruck, weil man bei der Dampfheizung schon bei $\frac{1}{2}$ Atmosphäre Überdruck die Temperatur von 112 ° C., also größere Strahlung erreicht. In der Regel genügt es, das zur Wärme-Reservation benutzte Wasser auf die Hälfte desjenigen Quantums zu reduzieren, welches bei Niederdruckheizung gebraucht wird.

Grouvelle ging bei seiner Heizanlage für die Männerabteilung des Hospitals La Riboisière weiter. Er stellte in der Achse der Krankensäle Metallcylinder auf, die ganz mit Wasser gefüllt und durch ein schlangenförmig gewundenes Dampfrohr erwärmt werden. Die Öfen sind mit einem Blechmantel umgeben, und in den verbleibenden Zwischenraum tritt frische Luft von außen ein.

Diese Methode ist außerordentlich wirksam, weil die Wärmekapacität des Wassers eine sehr viel größere ist, als diejenige der Luft.

Anm. Setzt man nämlich Wasserdampf von 100 ° C. in einem Schlangenrohr der Luft aus, so lehrt die Erfahrung, daß für die Temperaturdifferenz T — t = 75 ° C. zwischen Dampf und Luft: pro Stunde und Quadratmeter 1,5 Kilogr. Dampf kondensiert werden. Nach Formel 3) des § 58 sind aber in jedem Kilogramm gesättigten Dampfes enthalten: 536,5 Kalorien.

Der Wert des Transmissions-Koeffizienten K ergiebt sich daher aus der Gleichung:

$$536{,}5 \times 1{,}5 = K \,.\, 1 \text{ qm} \,.\, 75^{\circ},$$

woraus folgt:

$$K = 10{,}73 \text{ Wärme-Einheiten}$$

pro Quadratmeter und Stunde bei 1 ° Temperaturdifferenz.

Wird dagegen das Schlangenrohr in Wasser getaucht, so beträgt die Kondensation für jeden Grad Temperaturdifferenz der beiden Medien 2 kg pro Stunde und Quadratmeter und man hat daher zur Berechnung von K' die Gleichung:

$$K' = \frac{536{,}5 \times 2}{1 \text{ qm} \,.\, 1^{\circ}} = 1073 = \text{Wärme-Einheiten} = 100\,K.$$

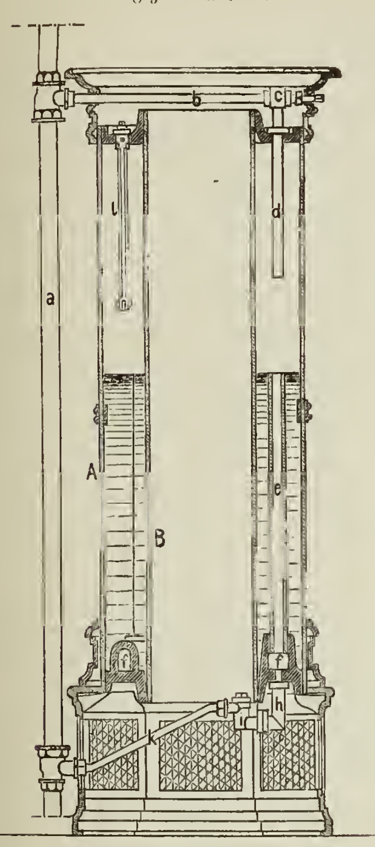
In Hospitälern und ähnlichen Anstalten, wo Kesselfeuerungen bereits anderweitig nötig oder vorhanden sind, kann das in den Öfen enthaltene Wasser ständig auf einer ziemlich konstanten Temperatur gehalten werden, und der Dampf wird erst abgesperrt, wenn die Erwärmung des Raumes in hinreichendem Maße stattgefunden hat. Das Wasser strahlt dann während der Nachtstunden so viel Wärme aus, um die Temperatur der Wände nicht herabsinken zu lassen, so daß die Anheizung am folgenden Morgen nur wenig Dampf erfordert. Für große Anlagen, welche in der Beheizung centralisiert werden sollen, hat man daher in der Neuzeit die kombinierte Dampfwasserheizung mit Vorliebe und — wie wir hinzufügen dürfen — auch mit vollem Recht angewendet.

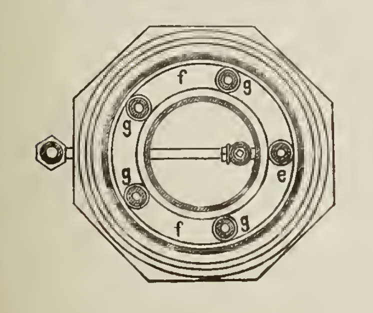
Durch eine Reihe guter Ausführungen hat sich das System der **Gebrüder Sulzer** in **Winterthur** (Schweiz) eingebürgert. Hierbei stehen die Öfen der übereinander liegenden Räume gruppenweise vertikal übereinander. Im Souterrain des Gebäudes befindet sich eine gewöhnliche Dampfkesselanlage, von welcher das Hauptsteigerohr wieder

bis unter das Dach führt und sich auf dem Dachboden in horizontaler Richtung verzweigt.[1])

Für jede Gruppe von Öfen zweigt sich vom Bodenraume aus ein vertikales Rohr ab; am oberen Teile wird der Dampf dem Heizkörper zugeführt, vom Sockel gehen Dampf und Kondensationswasser in dieselbe Rohrleitung zurück. (Ein Strang zur Abführung des Kondensationswassers wird also bei dem Sulzer'schen System entbehrt.) Sämtliche vertikale Rohre vereinigen sich im Souterrain und führen das Wasser in einer der Dachbodenleitung analogen Kondensationswasserleitung wieder in den Kessel zurück. Um zu verhindern, daß der Dampf auch durch die untere Abzweigung in den Ofen eintritt, ist in diese ein Rückschlagventil eingefügt, welches sich nur gegen den Rohrstrang hin öffnet. Die Figuren 234 und 235 werden diese Konstruktion des Ofens klar machen. a ist das vertikale Zuführungsrohr, aus welchem der Dampf durch die Abzweigung b nach Öffnung des Absperrventils c in den Ofen gelangt. Der Ofen selbst besteht aus zwei konzentrischen Cylindern von Eisenblech, welche mit dem gußeisernen Deckel und Boden verbunden sind. Der Dampf gelangt durch das Rohr d in den ringförmigen Hohlraum, der bis zur halben Höhe mit Wasser gefüllt ist, strömt durch das Rohr e hinab, gelangt in den ringförmigen Kanal f am Boden und steigt durch die vier vertikalen Röhren g wieder in die Höhe. Ein Teil des Dampfes kondensiert sich dabei durch Wärmeabgabe an das Wasser und sammelt sich in der Röhre h an. Bei i ist das Rückschlagventil eingesetzt, welches sich nur nach oben öffnet und für gewöhnlich durch den in k herrschenden Dampfdruck geschlossen gehalten wird. Kommt aber von der anderen Seite zum Dampfdruck noch das Gewicht einer Wassersäule hinzu, so öffnet sich das Ventil, und Dampf und Wasser entweichen durch das Rohr k in das vertikale Rohr a.

Fig. 234 und 235.





Bei l ist ein automatisches Luftventil angebracht, (vergl. Fig. 221), um das Zusammendrücken des Ofens zu hindern, wenn nach erfolgter Kondensation des Dampfes sich ein Vacuum im Innern bildet. Die Funktion dieser Öfen ist eine einfache und sichere.

Resumé. 1) Wo ausgedehnte Bauanlagen von einer Wärmequelle her versorgt werden sollen, erweist sich die Dampfwasserheizung der Wassercirkulationsheizung überlegen. Die Ausdehnung der Rohrleitung über 200 m hinaus führt nämlich im letzteren Falle zu manchen Inkonvenienzen.[1])

2) In Gebäuden von fünf Etagen Höhe ist der hydrostatische Druck in den Heizkörpern der untersten Geschosse schon recht bedeutend, und sind die Öfen daher sehr solid zu konstruieren, um gehörig dicht zu halten. Wird dagegen jede Etage für sich behandelt, werden die Öfen nur als Wärmereservoire benutzt und der Dampf als Wärme führendes Medium, so fällt diese Rücksicht fort.

3) Die Schnelligkeit, mit welcher Dämpfe an den Ort ihrer Verwendung geleitet werden können, ist fast eine momentane, während es in einem weiter verzweigten Niederdrucksystem mehrere Stunden dauert, ehe eine ausreichende Wärmetransmission beginnt. (Vergl. Anmerkung.)

4) Grenzen sind der Dampfverwendung kaum gezogen; es können beliebig viele, in weiter Entfernung und in den verschiedensten Niveaus belegene Heizkörper damit versorgt werden.

5) Auch die der reinen Dampfheizung anhaftenden Fehler werden durch das kombinierte System der Dampfwasserheizung vermieden, denn es wird das Reservationsvermögen der Kondensationsapparate erhöht und demzufolge eine weit gleichmäßigere Wärmeabgabe erzielt, als sie die Dampfheizung gewährt.

Anm. Die Dampfkessel für Zwecke der Dampfheizung und Dampfwasserheizung unterliegen denselben Vorschriften und Berechnungen, wie Dampfkessel für maschinelle Zwecke und wird deren

1) Vergl. die Darstellung der Dampfleitung auf dem Dachboden der Pensionärgebäude an der Irrenanstalt zu Düren (Rheinprovinz) im 2. Jahrg. des „Rohrleger" Nr. 4, S. 52.

1) Es wird hierbei wiederholt, daß bei dem in § 56 bezeichneten Beispiel einer Niederdruckwasserheizung die Cirkulationsgeschwindigkeit des Wassers pro Stunde nur 248 m betrug.

Wahl in jedem Falle besonderen Erwägungen unterliegen, wobei der Ort der Aufstellung in erster Linie maßgebend ist. Nach der im dritten Kapitel vorausgeschickten Behandlung der Kesselfeuerungen kann eine weitere Besprechung an dieser Stelle unterbleiben. Die Bestimmung der Kesseldimensionen folgt bei der Berechnung der Dampfheizungen (§ 63). In allen Fällen ist nur eine Kesselanlage nötig, gewöhnlich in einem besonderen Kesselhause gelegen und mit einer Dampfmaschine — zum Betrieb des Ventilators ꝛc. — verbunden.

Anwendungen.

§ 62.

I. Auf Taf. 41—45 geben wir die Anlage einer, nach den neuesten Erfahrungen eingerichteten, Dampfheizungs-Anlage für das Physiologische Institut der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin, entworfen und ausgeführt vom Ingenieur **H. Rösike** daselbst. Die kleineren Hörsäle, Sammlungen, Laboratorien und sonstigen Arbeitsräume der Anstalt gruppieren sich im wesentlichen um das große Auditorium (Nr. 15), welches sich in der Achse des Haupteinganges an den imposanten Langflügel des Institutes legt, der sich in einem Souterrain, zweien darüber befindlichen Hauptetagen und einem Obergeschoß aufbaut. Taf. 42 giebt den Grundriß vom Souterrain oder Kellergeschoß, aus welchem einerseits die Bestimmung der einzelnen Räume und andererseits die Gesamtdisposition der Centralheizanlage deutlich zu ersehen ist. Der Kesselanlage fällt hier eine doppelte Funktion zu, nämlich die Speisung der in den verschiedenen Räumen der vier Geschosse aufgestellten — und in den Grundrissen entsprechend charakterisierten — Dampfheizregister und 2) diejenige der großen Register, welche zur Erwärmung von 21 Luftheizkammern dienen. In jenen Kammern wird die unterhalb der Kammersohle eingeführte frische Luft erwärmt, wie dies Taf. 41 im Detail verdeutlicht, und tritt sodann in die Warmluftkanäle W der Etagen. Auf solche Weise werden die Zimmer 7, 10, 13, 24 im Erdgeschoß, Zimmer 26, 27, 28, 29, 30, 32 im I. Stockwerk und das große Auditorium Nr. 15 mittels Dampfluftheizung erwärmt. Die entsprechenden Zimmernummern, welche durch die resp. Kammern versorgt werden, sind denselben mit arabischen Ziffern beigefügt (vergl. Taf. 42).

Das hier gewählte Centralheizsystem ist also eine Kombination der Dampfheizung mit der Dampfluftheizung, und es war hierbei in erster Linie der Gesichtspunkt maßgebend: daß alle Räume, welche eine starke Ventilation erfordern — wie die chemischen Arbeitsräume, die beiden Hörsäle, der Saal für Vivisektionen und das Bibliothek-Lesezimmer —, mit Dampfluftheizung zu versehen seien, während in den übrigen Räumen Dampfheizregister zur direkten Erwärmung der Zimmerluft aufgestellt sind. Zur Erreichung der unentbehrlichen Zimmerventilation sind indessen auch für diese letztere Kategorie von Zimmern Luftzuführungskanäle in den Mauern ausgespart. Die frische Luft strömt dann nach Analogie früher beschriebener Anlagen in das Registergehäuse Taf. 46, Fig. 3 unterhalb ein und oberhalb erwärmt in das Zimmer aus.

Nur das Aquarium (Nr. 14) im Erdgeschoß ist, zur Erzielung einer vollkommen gleichmäßigen Temperatur, mit Dampfwasserheizung versehen worden.

Zur Dampf-Erzeugung dienen drei Wasserröhrenkessel (System Belleville). Jeder der drei Kessel hat 16 qm Feuerfläche und ist mit 10 Atmosphären konzessioniert. Geheizt wird im Durchschnitt mit $1\frac{1}{2}$—$2\frac{1}{2}$ Atmosphären Druck, unter Anwendung eines Reduzierventils. Bei großer Kälte sind anfänglich alle drei Kessel thätig; sind die Register erst erwärmt, so genügen zwei Kessel reichlich. — Drei Dampfkessel-Speisepumpen b b und die Maschine zum Betriebe des Ventilators a arbeiten mit Hochdruckdampf, der als Retourdampf noch zur Heizung benutzt wird.

Der zur Heizung erforderliche Dampf gelangt teils vom Dampfreservoir im Souterrain an den Ort seiner Verwendung, indem er durch das Dampfventil c (Taf. 41, Fig. 1 und 2) den Rippenregistern zuströmt, teils strömt er durch die Steigerohre nach den oberen Etagen. Derartige Stränge sind in größerer Anzahl vorhanden und in den verschiedenen Grundrissen durch eingeschriebene römische Zahlen bezeichnet. Alle Dampfzuführungsrohre sind mit Leroy'scher Patentmasse gegen Abkühlung geschützt; ihr Durchmesser wechselt selbstverständlich nach Erfordernis (zwischen 107 mm und 20 mm). — Auch das System der Dampfrückleitung ist in Taf. 42 entsprechend charakterisiert, und zwar gelangt das kondensierte Wasser durch die Kondensationswasserleitung in dazu angelegten Kanälen nach den Kondensationswasserableitern d.

Was die Zuführung der frischen Luft anbelangt, so tritt dieselbe durch zwei große Einfallschächte vom Hofe her in unterirdischen gewölbten Kanälen in das Gebäude und im Winter in der Regel direkt, d. h. durch Ansaugen, in den unter der Kellersohle des Korridors hinlaufenden Kanal für frische Luft, nachdem sie vorher eine Filtervorrichtung passiert hat, in deren Gewebe der mitgerissene Staub zurückgehalten wird. Ist des Morgens schnelle Erwärmung der Luft in den Heizkammern bei starkem Frost geboten, so wird auch der Ventilator in Bewegung gesetzt, von diesem die Luft aus dem Zweigkanal angesaugt, dann durch Druck in die Kammern für frische Luft getrieben, um von hier aus in die eigentlichen Luftheizkammern zu gelangen und endlich erwärmt in den Heizkanälen aufzusteigen. In den Monaten, in denen die Heizung ruht, findet die Zuführung der Luft nur mit Hülfe des

Ventilators statt. Letzterer hat 2 m Durchmesser und macht in der Regel pro Minute 120 Touren, wobei stündlich 12—14000 cbm Luft in das Gebäude geschafft werden. Berechnet ist derselbe auf eine Umdrehungsgeschwindigkeit von 180 Touren pro Minute mit etwa 20000 cbm einzuführender Frischluft.

Die verschiedenen Zustände der Luft, als: reine frische Luft, erhitzte Luft und verbrauchte Luft sind durch charakterisierende Farben im Grundriß der einzelnen Geschosse (Taf. 41—45) und im Querschnitte Taf. 45 angedeutet, auch in der Farbenerklärung Taf. 42 erläutert.

Abzuführende Luft ist durch einen blauen Farbenton, frische Luft durch grüne und erwärmte Luft durch rote Färbung kenntlich gemacht.

Taf. 45 giebt den Querdurchschnitt nach der Linie AB im Grundriß. Wir ersehen daraus: 1) die Konstruktion des Langflügels, 2) des Lüftungsschachtes mit dem innerhalb aufsteigenden eisernen Schornsteinrohr, 3) des großen Auditorii mit seiner amphitheatralischen Sitzanordnung, der Zuschauergallerie und der Oberlichtkonstruktion; endlich 4) die Einrichtung der den hohen Hörsaal umgebenden einetagigen Anbauten. Diese Tafel Nr. 42 ist in ihrer Anordnung derart gewählt, daß sie ein anschauliches Bild des Heizvorganges in den verschiedenen Räumlichkeiten geben könne.

Erklärung der Tafel 45. — I. Der Langbau. Im Souterrain ist die Wohnung des Hausdieners sichtbar; sie wird, wie die Portierwohnung, mit Kachelöfen geheizt. Dahinter liegt die Luftheizkammer zur Versorgung des Zimmers Nr. 30. — Heizregister, Zuführungskanal für frische Luft, Mischkanal und Heizkanal (letzterer mit Ausströmungsöffnung im I. Stockwerk) sind im Durchschnitte ersichtlich. —

Die Instrumentensammlung im Erdgeschoß, welche im Durchschnitt sichtbar wird, ist mit reiner Dampfheizung versehen, ebenso der Raum für Photographie im II. Stockwerke. Im Instrumentenraume erscheint das Dampfheizregister nebst Bekleidung durchschnitten, im II. Stockwerk giebt R die Ansicht desselben. Hiernach ist im Durchschnitte des Langflügels nur der chemische Arbeitsraum Nr. 30 im II. Stock mit Luftheizung versehen.

Für Lüftung ist in sämtlichen Räumen gesorgt (vergl. die Grundrisse Taf. 43, 44 und 45 in farbiger Andeutung). Alle Kanäle haben doppelte Abzugsöffnungen erhalten.

II. Das große Auditorium und seine Ventilation. Die, aus dem unterirdischen Kanal (durch Saug- oder Drucklüftung) in die Luftkammern getriebene frische Luft strömt hier in sechs große Heizkammern ein, in welchen je drei Dampfheizregister aufgestellt sind. An diesen erwärmt sich die frische Luft und gelangt entweder direkt oder temperiert, d. h. als „Mischluft" in die Heizkanäle. Die Ausströmung findet statt durch ein Gitterwerk unterhalb des Galleriefußbodens, und zwar durch sechzehn kleinere und zwei größere Öffnungen in der fortlaufenden Gitterverzierung. Größe und Lage der Kanäle sind aus dem Grundrisse Taf. 42 zu entnehmen. — Da die Heizluft etwa in halber Saalhöhe ausströmt, ist gleichmäßige Verteilung derselben im Raume mit Leichtigkeit zu bewirken. Damit aber eine normale Temperatur in den mit erwärmter Luft geheizten Räumen ermöglicht werde, ist in jedem derselben ein elektrisches Metallthermometer angebracht, welches den Zeiger des im Keller befindlichen Galvanometers zum Abweichen von der vertikalen Lage bringt, wenn die Temperatur über das Maximum gestiegen oder unter das Minimum gesunken ist. Dadurch wird nun der Heizer in den Stand gesetzt, die Mischklappe mittels der Stellstange I (Taf. 41) zu dirigieren, ohne die betreffenden Räume in den oberen Geschossen zu betreten. Die verbrauchte Zimmerluft wird unter den Stoßbrettern der ansteigenden Sitze, und zwar durch die aspirierende Wirkung des eisernen Rauchrohres, welche durch den großen Deflektor unterstützt wird, abgesaugt.

Um die Verbrennungsgase einer sehr intensiven Abendbeleuchtung ohne Belästigung der Zuhörer abzuführen, ist der ganze Mechanismus der fahrbaren Gaseinrichtung und der Flammen oberhalb der Glasdecke verlegt. Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgt daher vom Dachboden aus in der Richtung des Pfeiles nach den beiden Ventilationsschächten hin. Die beiden Schächte sind durch eine eingesetzte Metallwand der Breite nach geteilt, und dient die vordere Hälfte zur Ventilation des großen Korridors im Souterrain, die hintere zur Ventilation des Auditoriums 15. In die vordere Abteilung tritt ferner die verdorbene Luft, welche in den ausgesparten Ventilationskanälen nach dem Dachboden des Langflügels aufsteigt, in der Richtung des Pfeiles ein, so daß die beiden Hauptschlote auch die sämtlichen, zu zwei Stockwerk Höhe aufgeführten Gebäudeteile, einschließlich der beiden Treppen, entlüften. Über den Zimmern 26—28 und 34—37, wo ein massiver Ausbau der Dachetage nicht nötig ist, sind die entsprechenden Luftabführungskanäle in Holz empor bis zur Drempelhöhe geführt und dadurch ebenfalls in die Abzugssphäre der beiden großen Schächte gebracht.

III. Der einetagige Anbau. Es wird der Raum Nr. 21 für Wandbilder und Nr. 20 für physikalisch-physiologische Arbeiten im Durchschnitt sichtbar. Ersterer ist nicht geheizt, letzterer mit Dampfheizregister versehen, welches die frische Luft aus den betreffenden unterirdischen Luftkanal empfängt.

Hier mag erwähnt werden, daß für einzelne Räume des Keller- resp. Erdgeschosses Zuführung frischer Luft durch an die Kellerkränze anschließende Kanäle bewirkt wird, so für den Kaninchenstall, den Hundestall und das Ranarium (sämtlich heizbar), ferner für ungeheizte: die Batteriekammer und Leichenkammer (vergl. Grundriß vom Kellergeschoß, Taf. 42). Eine weitere Erklärung überschreitet die Grenzen, welche diesem Werke vorgezeichnet sind: wir verweisen daher auf die eingehende Betrachtung der Zeichnungen und der tabellarischen Übersicht (S. 174), welche das befolgte Prinzip wohl erkennen läßt. — Spalte 1 dieser Tabelle enthält die Bezeichnung der Nummern, welche die betreffenden Räume im Grundriß Taf. 42 führen; Spalte 2 die Bestimmung der Räume; Spalte 3 die stündlich abzuführende Luftmenge in Kubikmetern; Spalte 4 und 5 die Wärmeverluste durch Transmission und Ventilation in Wärme-Einheiten ausgedrückt; Spalte 6 den stündlichen Gesamtwärme-Verlust jedes einzelnen Raumes; Spalte 7 die in Quadratmetern ausgedrückte Heizfläche, welche den Wärmeverlust ersetzt. Die folgenden 4 Spalten endlich enthalten die Zahl der Rippenregister, resp. die Anzahl der Rippen, welche für die Beheizung der einzelnen Räume zur Verwendung gekommen sind.

Übersicht des Wärmebedarfs und der Heizflächen der Dampf-, Dampfluft- und Dampfwasserheizungs-Anlage im Physiologischen Institut zu Berlin.

Nr. des Raumes	Bestimmung der Räume	Stündlich abgeführte Luftmenge cbm	Stündlicher Wärmeverlust durch Transmission W.-E.	Stündlicher Wärmeverlust durch Ventilation W.-E.	Gesamtwärmeverlust W.-E.	Transmissionsfläche des Heizkörpers qm	Anzahl der Heizkörper: Dampfregister Stück	Dampfregister Rippenzahl	Register für Dampfluftheizung Stück	Register für Dampfluftheizung Rippenzahl	Dampfwasseröfen Stück
	Erdgeschoß.										
3	Modellraum	65	1490	—	1490	—	—	—	—	—	—
4	Raum für Instrumente	377	5741	—	5741	9,70	2 R. à	11	—	—	—
5	Garderobe	—	1495	—	1495	3,00	1 R.	v. $\frac{750}{1700}$ mm	—	—	—
6	Werkstatt	174	2712	—	2712	5,75	1 R.	13	—	—	—
7	Bibliothek	705	4165	8460	13888	27,3	—	—	3 R. à 15	Rippen	—
									1 R. 17	„	—
10	Amtliches Geschäftszimmer	99	3197	—	3197	13,2	—	—	2 R. à 15	„	—
11	Experimentierzimmer	161	3590	—	3590	6,6	—	—	—	—	—
12	Vorbereitungszimmer	—	1348	—	1348	3,0	1 R.	$\frac{800}{1700}$	—	—	—
12a	Vorzimmer zum amtl. Geschäftszimmer	—	898	—	898	1,5	1 Kondens.-Cylinder		—	—	—
13	Kleines Auditorium	600	4385	7200	11393	—	—	—	2 R. à 17	Rippen	—
									1 R. 15	„	—
14	Aquarium	144	4456	—	4456	11,2	—	—	—	—	2 à 5,6 qm
15	Großes Auditorium	4000	26298	48000	71827	128,0	—	—	14 R. à 17	Rippen	—
									4 R. à 13	„	—
16	Batteriekammer	159	133	1240	1510	ungeheizt	—	—	—	—	—
17	Privatlaboratorium	218	4956	—	4956	7,5	1 Kondens.-Rohr		—	—	—
							1 R.	17			
18	Privatlaboratorium	75	1716	—	1716	4,0	1 R.	9	—	—	—
19	Für physikal. und physiol. Arbeiten	277	6469	—	6469	11,4	—	—	1 R.	11	—
									1 R.	15	—
20	Zimmer für Zeichner	52	1784	—	1784	3,0	1 R.	$\frac{750}{1000}$	—	—	—
22	Vorbereitungszimmer	139	3976	—	3976	7,5	1 R.	17	—	—	—
23	Sprechzimmer	35	960	—	960	1,6	1 Kondens.-Cylinder		—	—	—
24	Saal für Vivisektionen	831	6205	9972	17752	34,5	—	—	6 R. à 13	Rippen	—
							1 R.	11			
25	Mikroskopische Demonstrationen	—	—	—	—	18,1	1 R.	13	—	—	—
							1 R.	17			
	I. Stockwerk.										
26	Zimmer für Geübtere	420	3928	4940	9755	19,8	—	—	2 R. à 13	Rippen	—
									2 R. à 11	„	
27	Verbrennungszimmer	237	2253	2787	5544	11,5	—	—	2 R. à 13	„	—
28	Präparatenzimmer	552	3520	6492	11013	21,6	—	—	2 R. à 17	„	—
									1 R. 15	„	—
29	Zimmer für Analysen	582	2883	5480	9113	19,6	—	—	4 R.	11	—
30	Dispensierzimmer	—	1748	3846	6153	12,3	—	—	1 R.	15	—
									1 R.	13	—
31	Zimmer für Spektralanalyse	134	3181	—	3181	6,6	—	—	—	—	—
32	Für Schwefelwasserstoffanalysen	327	2002	3846	6432	12,3	—	—	—	—	—
33	Klausurzimmer	194	3766	2282	6048	10,5	—	—	—	—	—
36	Brutofen	43	2019	—	2019	5,5	—	—	—	—	1
37	Raum für Injektionen	168	5434	—	5434	9,6	2 R. à	11 R.	—	—	—
38	Luftpumpenzimmer	105	3303	1235	4538	7,5	1 R.	17	—	—	—
39	Gaszimmer	118	3115	1388	4503	7,5	1 R.	17	—	—	—
40	Klosett und Garderobe	84	528	741	1269	3,0	1 R.	—	—	—	—
41	Garderobe	171	1638	1509	3147	4,0	1 R.	—	—	—	—
42	Mikroskopische Arbeiten	213	8689	—	8689	15	—	—	2 R. à 17	Rippen	—
	II. Stockwerk.										
43	Optisches Zimmer	85	1516	—	1516	3,0	1 R.	$\frac{800}{1700}$	—	—	—
44	Optisches Zimmer	85	1590	—	1590	3,0	1 R.	—	—	—	—
45	Zimmer für Photographie	74	2110	—	2110	4,0	1 R.	—	—	—	—
53	Vorraum	—	1132	—	1132	3	1 R.	—	—	—	—
55	Bodenkammer für Photographie	—	1914	—	1914	3	1 R.	—	—	—	—
	Keller.										
56	Krankenstall für Hunde	33	195	258	453	—	1 R.	—	—	—	—
57	Hundestall	417	1316	3253	4569	7,5	1 R.	17	—	—	—
58	Hundestall	72	491	562	1053	3,0	1 R.	—	—	—	—
59	Kaninchenstall	243	1040	1896	2936	5,75	1 R.	13	—	—	—
60	Hundestall	174	785	1357	2142	4,00	1 R.	—	—	—	—
62	Klosett	69	494	621	1115	2,00	1 Kondens.-Rohr		—	—	—

Bestimmung der erforderlichen Heizflächen.

1) Von Berechnung der Wärmeverluste, welche durch Transmission der strahlenden Gebäudeflächen hervorgerufen werden, können wir an dieser Stelle absehen, nachdem in § 45 ein ausführliches Beispiel gegeben worden ist. Wir begnügen uns, die, von dem ausführenden Ingenieur **H. Rösike** in Berlin berechneten und in vorstehender Tabelle eingetragenen Werte hier zu registrieren. Dasselbe gilt für die Wärmeverluste durch Ventilation, d. h. für die in der Ventilationsluft enthaltenen und mit dieser stündlich entweichenden Wärmemengen.[1]) Aus beiden Werten setzt sich aber der Gesamtwärmeverlust der mit Ventilation versehenen Räume zusammen. Kolumne 1 der Tabelle enthält die stündlich aus den verschiedenen Räumen evakuierten Luftmengen in Kubikmetern und Kol. 4 den Gesamtwärmeverlust der Räume.

2) Bei Bestimmung der den ermittelten Wärmeverlust ausgleichenden Heizflächen ist der Erfahrungssatz zu Grunde gelegt worden, daß ein Quadratmeter ummantelte, gerippte, gußeiserne Registerfläche bei Dampfheizungs-Anlagen im Mittel nur 600 Wärme-Einheiten abgiebt. Bezeichnet daher V den Gesamtwärmeverlust des Raumes, so ist die zugehörige Heizfläche $F = \frac{V}{600}$ (ein Wert, der von anderen Heiztechnikern bis $\frac{V}{800}$ gesteigert wird). Kol. 5 enthält die hiernach ermittelten Heizflächen.

Vertikale Dampfregister sind in § 60 unter 2) beschrieben und auf Taf. 46 dargestellt. Es enthält bei 1 m Höhe:

1 Register mit	9 Rippen,	4,0 qm	Heizfläche,
1 „ „	11 „	4,85 „	„
1 „ „	13 „	5,75 „	„
1 „ „	15 „	6,6 „	„
1 „ „	17 „	7,5 „	„

Heizflächen von weniger als 4 qm werden durch Verringerung der Registerhöhe oder durch Einstellung vertikal gerippter Rohre gedeckt, wie in den Räumen 12[a] und 23 des Erdgeschosses. — Die Anzahl der erforderlichen Heizkörper ist in den Kol. 6—8 enthalten; ausgenommen hiervon sind die drei Treppenräume, welche sich nicht in der vorstehenden Tabelle finden. Es ist aber die Transmission in den beiden großen Treppenhäusern a und b gleichwertig und beträgt:

	der Wärmeverlust	die Heizfläche	Registergröße
in a und b	je 5484 W.-Einh.	je 7,5 qm	17 Rippen
„ g . .	6800 „	10,6 „	1 R. à 13 Rippen / 1 „ „ 11 „

Die Ausführung der ganzen Heizungsanlage ist in der verhältnismäßig kurzen Zeit von drei Monaten zu stande gekommen und am 1. Oktober 1878 vollendet worden. Sie bewährt sich in jeder Beziehung. Die Kosten derselben betragen einschließlich der Lüftungseinrichtung 66400 Mark.

§ 63.

Neuere Dampfheizungs-Anlagen.

Während noch vor einem Decennium die Anwendung der Dampfheizung nur auf öffentliche Gebäude größeren Umfanges und auf Gebäude-Komplexe beschränkt blieb, wie deren u. a. bei den Heizungsanlagen der rheinischen Provinzial-Irrenheilanstalten und der städtischen Irrenheil-Anstalt zu Dalldorf bei Berlin Erwähnung geschah, sind die renommierteren Firmen der Heizbranche bemüht gewesen, diese Heizmethode zu verbessern und sie insbesondere auch für die Beheizung von Villen, Wohnhäusern, Hotels und sonstigen Gebäuden geringeren Umfanges nutzbar zu machen.

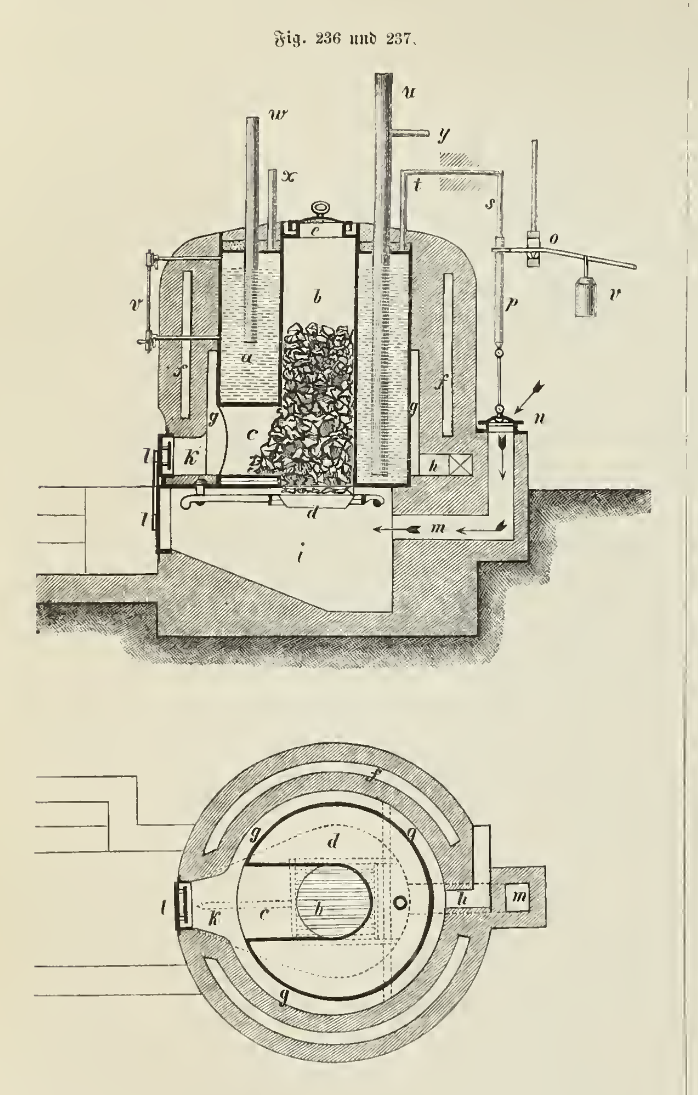
In diesem Sinne haben namentlich die Ingenieure **Bechem & Post** zu Hagen in Westfalen und die Gebrüder **Körting** zu Hannover durch ihre Systeme der Central-Niederdruck-Dampfheizung mit selbstthätiger Regulierung sich einen guten Namen erworben.

I. Das System der Central-Niederdruck-Dampfheizung von Bechem & Post mit selbstthätiger Regulierung ist dargestellt durch die Figuren 236—239. Als Dampferzeuger (Fig. 236 und 237) wird ein stehender cylindrischer Kessel verwendet, dessen Füllrohr b im Centrum liegt und durch einen Deckel e mit Sandverschluß luftdicht geschlossen werden kann. Unter dem Füllrohre und über der Aschengrube i liegt der Klapp-Rost d mit pendelnden Roststäben. Aschengrube i und Schüröffnung k sind mit eisernen Thüren dicht abschließbar: die Verbrennungsluft kann daher nur durch den Zuleitungskanal m unter den Rost gelangen. Dieser Kanal ist durch ein Tellerventil n abschließbar, welches mit dem selbstthätigen Druckregulator in Verbindung steht. Letzterer besteht aus einem festen, vertikalen, unten offenen Rohre s, das in den Dampfraum des Kessels hineinragt, und aus einem weiteren Rohre p,

1) Diejenigen Räume, deren Ventilationswärmeverlust in Kolumne 5 eingetragen ist, sind dem Programm gemäß im Winter und Sommer zu ventilieren, für die übrigen Lokale ist nur eine schwache Sommerventilation verlangt. Letztere haben daher Dampfregister erhalten, deren Heizfläche für den Maximalwärmeverlust berechnet ist. Tritt nun gelindere Witterung ein, so wird der Wärmeüberschuß zur Temperaturerhöhung der frisch eingeführten Luft benutzt, d. h. es findet auch hier während des größten Teiles der Heizperiode Luftwechsel, jedoch in geringerem Grade, statt.

das, an einem astatischen Hebel o aufgehängt, sich frei auf und nieder bewegen läßt. Das bewegliche Rohr ist so weit mit Quecksilber gefüllt, daß die Öffnung des Rohres s stets unter Verschluß bleibt. Am beweglichen Rohre hängt

Fig. 236 und 237.



der Teller des den Kanal m abschließenden Ventils, und sobald die Dampfspannung auf die Quecksilbersäule drückt, sinkt das bewegliche Rohr, während der Teller den Luftkanal schließt.

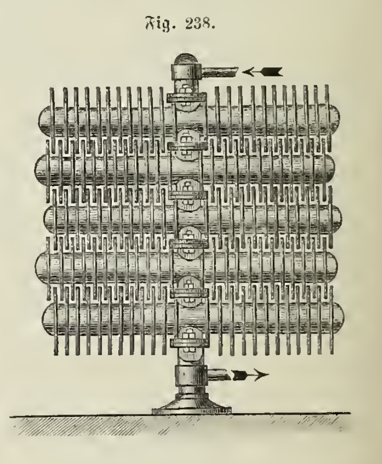
Der Dampferzeuger zählt zu den offenen Kesseln, da der Dampfraum durch ein 5 m hohes, oben offenes Standrohr u mit der Atmosphäre kommuniziert. v ist der Wasserstands-Anzeiger, Rohr w dient zur Speisung des Kessels, und das Rohr y leitet das Kondensationswasser zurück, x endlich ist das Hauptdampfleitungsrohr von 40 mm Lichtweite.

Sämtliche Leitungsrohre bestehen aus Schmiedeeisen und haben einen im Verhältnis zu x abnehmenden lichten Durchmesser; die Zuleitungen der Heizkörper sind nur 13 mm im Lichten weit.

Die Heizkörper (Fig. 238) bestehen — je nach Bedarf — aus 3—5 gußeisernen Rippenelementen, die mit Flanschen übereinander geschraubt werden und dadurch einen zusammenhängenden Dampfraum bilden. Mittels eines Absperr-Ventiles kann jeder Heizkörper aus der Leitung ausgeschaltet werden; am unteren Ende des Heizkörpers strömen Dampf und Kondensationswasser in das Rückleitungsrohr ab und münden sodann in das Standrohr. Um zu verhindern, daß auch Dampf entweiche, bildet das Rückleitungsrohr einen syphonähnlichen Abschluß.

Dem Auge wird das Rippenregister mittels eines doppelwandigen Metall-Mantels, dessen Hohlraum mit Isoliermaterial gefüllt ist, entzogen; der Deckel desselben ist beweglich und gestattet das Austreten der vorgewärmten Frischluft.

Fig. 238.



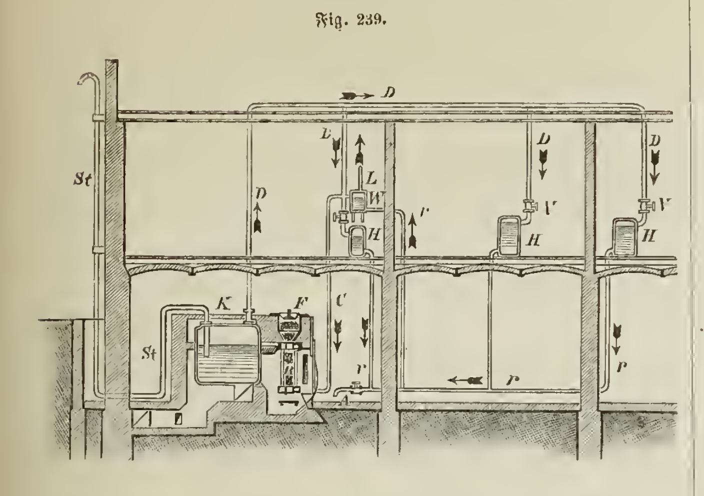
Bedienung. Zur Feuerung des Kessels wird Coaks verwendet. Tritt Dampfentwickelung und erhöhter Dampfdruck ein, so sinkt das bewegliche Rohr und die Luftzuführung zur Feuerung hört auf, wodurch die lebhafte Verbrennung und dadurch die Dampfentwickelung verringert wird. Nimmt aber der Dampfdruck ab, so wird auch die Quecksilberfläche entlastet und nun öffnet das Laufgewicht am freien Hebelsarm selbstthätig das Tellerventil. In der Regel wird mit $^1/_{10}$ Atmosphäre Überdruck gearbeitet.

Die Bedienung ist eine einfache, da der Füllcylinder in der Regel innerhalb eines Tages nur einmal mit Coaks zu versehen ist; bei dieser Gelegenheit muß auch der Rost von Asche und Schlacken befreit werden. Nach 3—4 Wochen ist im Kessel Wasser nachzufüllen.

II. Das Schema einer Niederdruck-Dampfheizung nach dem „System Körting" stellt Fig. 239 dar. K ist der Kessel mit Füllschacht F und Korbrost R. Aus K steigt das Dampfrohr bis zur Dachetage empor und führt durch vertikale Abzweigungen D, D den einzelnen Heizkörpern den Dampf zu. Der Zutritt wird durch die Regulierspindeln geregelt. Der Heizkörper jeder einzelnen Etage, oder — bei ausgedehnteren Anlagen — eine Gruppe von Heizkörpern ist mit einem, ungefähr in gleicher Höhe stehenden Gefäße W durch kommunizierende Röhren r, r in Verbindung gebracht. Das Gefäß W, dessen Inhalt etwa gleich dem Hohlraume der an dasselbe angeschlossenen Heizkörper

H, H ist, steht mit der Atmosphäre durch das Rohr L und mit dem Kessel durch das Überlaufrohr C in Verbindung.

Fig. 239.



Solange der Dampf genügende Spannung besitzt, um den aus dem gemeinschaftlichen Gefäße herrührenden hydrostatischen Druck der Wassersäule zu überwinden, sind die Heizkörper mit Dampf gefüllt. Wird andererseits der Dampfdruck durch die Regulierspindeln gemäßigt, so drängt das steigende Wasser den Dampf so lange zurück, bis Dampfdruck und Wasserdruck sich das Gleichgewicht halten. Man ist also im stande, mittels der Regulierspindel den Heizkörper mit viel oder wenig Wasser zu füllen, d. h. die Heizwirkung herabzumindern resp. zu erhöhen.

Soll bei Beginn der Heizperiode die von Wasser entleerte Heizung in Betrieb gesetzt werden, so öffnet man sämtliche Regulierspindeln und den Hahn A: der von oben in den Heizkörper eintretende Dampf verdrängt dann die schwerere Luft nach unten, wo sie durch den Hahn A entweicht. Zeigt sich Dampf an dieser Stelle, so ist die Leitung sicher entlüftet und der Hahn kann geschlossen werden. Gleichzeitig sammelt sich aber das Kondensationswasser der Öfen in der Leitung r an und wird durch den Dampfdruck in das Wassergefäß gedrückt und dieses gefüllt.

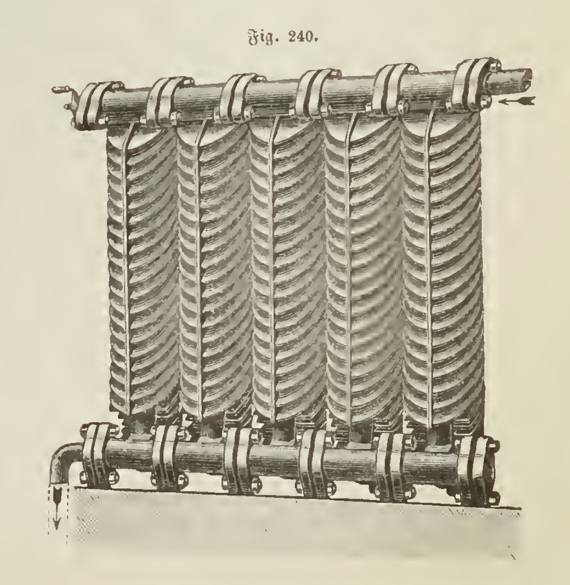
Vorteile des Körting'schen Systems der Dampf-Niederdruckheizung sind also Gefahrlosigkeit, sichere Entlüftung und Regelung (letztere mittels der Regulierspindeln) endlich leichte Entleerbarkeit mittels der Entleerungshähne, wodurch auch das Einfrieren vermieden werden kann.

Bei der Kessel-Anlage der Gebrüder Körting kommt eine Füllschachtfeuerung (Patent Donneley) und ein eigenartig gestalteter Zugregulator zur Verwendung. Diese Anordnung erläutert Tafel 47 in Grundriß Fig. 1, Querschnitt Fig. 2, Längenschnitt Fig. 3. Der viereckige Füllschacht F ist nach unten verengt und leitet das Brennmaterial in den Korbrost hinüber. Dieser Korb besteht aus vertikal gestellten Wasserrohren, welche am oberen und unteren Ende mit je einem hohlen ringartigen Kasten in Verbindung stehen. Der obere und der untere Kasten sind mit dem Wasserraum des Kessels verbunden.

Die Verbrennungsluft tritt aus dem Zugregulator durch die Öffnung G an den Röhrenrost, das Brennmaterial in Glut setzend. Die Verbrennungsprodukte strömen dann in der Richtung der Pfeile durch die im Unterteile des ovalen Kessels befindlichen Siederöhren, ziehen am Hinterhaupte abwärts, bespülen die Seiten des Kessels in der Richtung der Pfeile (Fig. 1) und gelangen durch den Fuchs in den Schornstein, Schlacken und Asche fallen über den Rand der Platte P in den Aschenfall hinab. Der Raum G ist nach unten hin durch die Platte P', vorn durch die Heizthür T abgeschlossen, letztere dient zur Entleerung des Aschenfalles und zur Entfernung der Schlacken. — D ist das Dampfzuleitungsrohr, C das Rückführungsrohr, welches am Kesselboden mit dem dort befindlichen Stutzen verschraubt wird. St endlich ist das 5 m hohe Standrohr mit dem Standrohrgefäße.

In Tafel 47, Fig. 2 ist der Zugregulator sichtbar. Er beruht, ähnlich wie wir dies bei dem System Bechem & Post kennen gelernt haben, auf den Niveauschwankungen des Quecksilbers in einem mit dem Dampfkessel in Verbindung stehenden Gefäße. Durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers wird ein Schwimmer bewegt und an diesem sind die Luftventile angehängt. Je mehr sich nun bei steigendem Drucke im Kessel der Schwimmer hebt, um so weniger Luft kann in den Brennraum gelangen, während gleichzeitig ein kalter Luftstrom in den Fuchs tritt und den Zug mindert oder teilweise aufhebt. — Dieser automatische Zugregulator bildet ebenfalls einen Vorzug der Körting'-

Fig. 240.



schen Heizungsanlage. Im übrigen wird wegen der Detail-Konstruktion des letzteren auf die Körting'schen Broschüren verwiesen.

In der schematischen Darstellung des Systems Körting (vergl. Fig. 239) sind die Heizkörper als gewöhnliche Dampfwasseröfen dargestellt: es werden aber jetzt fast ausschließlich die Körting'schen Patent-Batterieelemente mit ovalem Querschnitt und ganz geringem Wasserinhalte verwendet, wobei das zur Aufnahme des Regulierwassers dienende Gefäß W ebenfalls nur geringe Dimensionen erhält. Solche Elemente liefern auf geringstem Raume die größtmöglichste Heizfläche und sind leicht zu reinigen.

Fig. 240 stellt einen aus fünf Elementen kombinierten Dampfheizkörper dar; das obere Rohr desselben dient zur Zuleitung des Dampfes, durch das untere Rohr steht er mit dem Reguliergefäß in Verbindung.

Tafel 47, Fig. 4 zeigt die Aufstellung eines derartigen Ofens nebst Verkleidung mittels eines hölzernen Mantels mit Ausstrahlungsgittern für die vorgewärmte Ventilationsluft. Bei K befindet sich eine Jalousieklappe zur Einführung frischer Luft in den Mantelraum. Die Dampfzuströmung reguliert man durch die Kurbel V, die Jalousieklappe wird durch den Handhebel n bewegt.

§ 64.

Berechnung der Dampfheizungen.

Größe der Kondensationsflächen. Wir haben aus den Anwendungen des § 13 unter 1) erfahren, daß die Wärmeabgabe von horizontalen, eisernen, auf 100° erwärmten Dampfheizröhren, welche in einem Raum von 15° C. aufgestellt sind, von deren Diameter abhängig ist und für 0,05 m weite Rohre pro Quadratmeter und Stunde 802 Wärme-Einheiten beträgt, während dieselbe für Rohre von 0,10 m Diameter nur 753 Wärme-Einheiten ergiebt.

Bei vertikalen Cylindern von 1 m Höhe beträgt dagegen unter gleichen Verhältnissen nach Anleitung des § 13

$$W = 128{,}4 \cdot 3{,}36 + 132 \cdot 2{,}90 = 814 \text{ W.-Einh.}$$

Für vertikale glatte Registerflächen von 1 m Höhe ist endlich (nach Beispiel 3):

$$W = 128{,}4 \cdot 3{,}36 + 132 \cdot 2{,}4 = 748 \text{ W.-Einh.}$$

In diesem Falle haben wir die Annahme gemacht, daß Gefäße, in denen Dampf kondensiert wird, durch den zuströmenden Dampf auf konstanter Temperatur gehalten würden, und daß — wie bei stagnierenden Flüssigkeiten — beide Seiten des Kondensationsgefäßes im Beharrungszustande isothermische Flächen bilden.

Sicherer als die vorstehenden Zahlen sind die Resultate, welche Péclet bei direkten Versuchen über die Kondensation von Wasserdampf in horizontalliegenden, gußeisernen Röhren erhielt, die einer Temperatur von 15° ausgesetzt waren.[1]) Die Spannung des Dampfes betrug wenig über eine Atmosphäre, und es ergab sich hierbei, daß die pro Quadratmeter und Stunde kondensierte Dampfmenge wiederum abhängig ist vom Durchmesser des Rohres.

Es betrug nämlich das kondensierte Dampfgewicht pro Quadratmeter und Stunde für horizontale Rohre von Gußeisen:

bei 0,05 m Diameter = 1,50 kg,
„ 0,10 m „ = 1,44 „
„ 0,15 m „ = 1,34 „

Von weiterem Einfluß ist das Material der Kondensationsgefäße. Nach Tredgold's Versuchen beträgt das Gewicht des pro Quadratmeter und Stunde kondensierten Dampfes in Röhren verschiedenen Materials, welche einer Temperatur von 15° C. ausgesetzt waren:

für Weißblech . . . . . 1,07 kg,
„ Glas . . . . 1,76 „
„ rostfreies Eisenblech . . 1,80 „
„ oxydiertes Eisenblech . . 2,10 „

1) In der Praxis rechnet man gewöhnlich bei glatten Kondensationsrohren von 7—20 cm Durchmesser aus Gußeisen auf eine stündliche Kondensation von 1,8 kg Dampf pro Quadratmeter und Stunde bei einer Temperaturdifferenz von 85° C. zwischen den Heizkörpern und der Zimmerluft. Der Transmissionskoeffizient[2]) ist daher:

$$K = \frac{536{,}5 \cdot 1{,}8}{85} = 11{,}36 \text{ W.-Einh.}$$

für 1° Temperaturdifferenz.

Nach dem in der Anmerkung des § 61 mitgeteilten Péclet'schen Versuch würde jedoch nur zu setzen sein:

$$K = \frac{536{,}5 \cdot 1{,}5}{73} = 10{,}73 \text{ W.-Einh.}$$

für 1° Temperaturdifferenz.

---

1) Péclet, Tome II, No. 1668.

2) Redtenbacher, der Maschinenbau I, S. 374, fand für Übergang von Dampf durch einfache Wandungen von Gußeisen R=12. Die neueren Arbeiten über die „Wärmeabgabe von Heizflächen an Luft" rühren von H. Fischer her (Dingler, Polyt. Journal Jahrg. 1878, Bd. II). Er fand als Mittel aus einer Reihe von Versuchen mit Dampfheizröhren den Transmissionskoeffizienten (für 1° Temperaturdifferenz zwischen der Luft und der Wärme abgebenden Röhre) bei einer Dampf-Temp. v. 132—134° C. wie folgt:

für gerippte vertikale Rohre . . . . K = 10,77,
die Wärmetransmission der Rippenfläche allein . . K = 7,6,
die Wärmeabgabe glatter vertikaler Röhren bei 18 bis 19° Lufttemperatur . . . . K = 17,
bei einer Haag'schen Heizschlange, welche von Dampf durchströmt wurde, fand man . . . . . . K = 13,7,

2) Bei ummantelten Heizregistern ist die Temperatur der Cirkulationsluft wärmer als 15°, sie bildet etwa das arithmetische Mittel aus der eintretenden Cirkulationsluft und der austretenden Heizluft $\frac{10 + 40}{2} = 25°$; auch pflegt man Dampf bis zu 2 Atmosphären Spannung und darüber zu benutzen, was die Verhältnisse wesentlich verändert. — In allen Fällen wird es demnach auf genaue Bestimmung der Temperaturdifferenz T — t ankommen, wobei auch der Wärmeverlust in den Leitungsröhren zu berücksichtigen ist.

Setzt man mit Redtenbacher für Niederdruckdampf T = 110° C.

t = 20° und K wie oben = 11,36,

so findet man: die Wärmeabgabe glatter Rohre pro Quadratmeter und Stunde:

$$W = 90 \cdot 11{,}36 = 1022 \text{ W.-Einh.},$$

ein Wert, der jedenfalls hoch ist, und in der Praxis mit Sicherheit nur da angewendet werden sollte, wo die strahlende Wärme der Heizfläche vollständig ausgenutzt werden kann.

Anm. Nach Valerius[1]) geben Dampfheizkörper, welche im Fußboden liegen, resp. ummantelt oder in Heizkammern aufgestellt sind, pro Quadratmeter und Stunde nur 8—10 Wärme-Einheiten für 1° Temperaturdifferenz ab (also für 100° Temperaturdifferenz 800 bis 1000 Wärme-Einheiten). Freistehend strahlende Kondensationsgefäße geben dagegen bei 1° Temperaturdifferenz pro Quadratmeter und Stunde 10—14 Wärme-Einheiten ab. Wird nun die Luft mit etwa 0° genommen und bis 20° erwärmt, so daß die mittlere Temperatur 10° beträgt, so erhält man für Dampf von 105° eine stündliche Transmission von 950 bis 1330 Wärme-Einheiten. Diese Koeffizienten würden im großen Ganzen auch für Dampfwasseröfen maßgebend sein, weil das Wasser in diesen Heizkörpern offenbar dieselbe Temperatur hat wie der Dampf, solange derselbe auf dem Wasser steht.

Bestimmung des Dampfkessels. Nimmt man an, daß der Dampf gesättigt mit 100° C. in den Kondensationsgefäßen ankommt und das Kondensationswasser mit 100° C. abfließt, dann werden durch die Kondensation von jedem Kilogramm gesättigten Dampfes 536,5 Wärme-Einheiten frei. — Ist nun der Maximalwärmeverlust des Gebäudes pro Stunde W_x Wärme-Einheiten, so sind stündlich zu erzeugen:

$$P = \frac{W_x}{536{,}5} \text{ kg Dampf.}$$

Die Dampfproduktion bei Kesseln mit äußerer und innerer Feuerung beträgt aber pro Stunde und Quadratmeter = 15—25 und im Mittel 20 kg: die totale Heizfläche des Kessels ist daher:

$$F = \frac{P}{20} = \frac{W_x}{536{,}5 \cdot 20} = \frac{W_x}{10730}.\ ^{2)}$$

1) Les applications de la chaleur, 3e edit. p. 291.

2) Nach Redtenbacher $F = \frac{W_x}{10400}$.

Wasserraum. Nach Morin soll folgendes Verhältnis stattfinden: Bezeichnet

V den Rauminhalt des Kessels,

V_w den Wasserraum eines Kessels von n Pferdekraft, dann soll

V gewählt werden zwischen 0,66 n. cbm und 0,59 n. cbm,

V_w „ „ „ 0,40 n. cbm „ 0,36 n. cbm.

In der Praxis wird die Dampfproduktion in Pferdekräften angegeben, ohne Rücksicht auf die Verwendungsart, und ist ein Kessel von drei Pferdekräften ein solcher, der stündlich 3 . 33 kg Dampf produziert.

Auch der Brennmaterialkonsum kann empirisch bestimmt werden. Da nämlich 1 kg Steinkohle, auf dem Rost verbrannt, 6—8 kg Dampf erzeugt, so nimmt man im Mittel eine 7fache Verdampfung an.[1])

Ist nun

p das Gewicht des Brennmaterials,

P die Anzahl Kilogramm gesättigten Dampfes, die stündlich erzeugt werden sollen, so hat man

$$p = \frac{P}{7} = \frac{W}{7 \cdot 536{,}5} \text{ kg Kohlen.}$$

Da auf einem Quadratmeter Rostfläche stündlich 40 kg Kohle verbrannt werden, so ist die totale Rostfläche:

$$\varphi = \frac{p}{40} \text{ und die freie Rostfläche } = \tfrac{1}{4}\,\varphi = \frac{p}{160}.$$

Kosten der Dampfheizung.

Auch hier variieren die Kostenbeträge je nach Größe der Räume und Ausstattung der Heizkörper ganz erheblich. — In den Schulhäusern der Stadt Kiel betrugen nach Hesse die Anlagekosten der Dampfheizung pro Kubikmeter Heizraum nur 1,55 Mark; die täglichen Heizkosten stellen sich pro 100 cbm auf 0,155 Mark. Dagegen belaufen sich die Anlagekosten einer Dampfheizung in Magdeburg (bei welcher 10940 cbm Raum mit 226 qm Heizfläche erwärmt werden) pro Kubikmeter auf 3,03 Mark und die täglichen Heizkosten pro 100 cbm zu erwärmenden Raum auf 0,225 Mark.

Kosten der Dampfwasserheizung.

1) Eine sehr vollkommen eingerichtete Anlage ist in der Irrenheilanstalt zu Düren[2]) zur Ausführung ge-

1) Die Durchschnittsleistungsfähigkeit der besten Röhrenkessel ist allerdings eine höhere; sie ist auch keine gleichmäßige, sondern ändert sich mit dem größeren oder geringeren Druck. Nach den Betriebsresultaten der Dampfdistriktsheizung zu Lockport wurden bei 241° F = 116° C. durch 1 Pfd. Kohle 9,36 Pfd. Wasser verdampft, und bei 25 Pfd. Dampfdruck ist eine neunfache Verdampfung garantiert. Vergl.: Auszug aus dem Bericht des Ingenieur-General Haupt in Nr. 14 des „Rohrlegers" Jahrg. 1877.

2) Zum Studium dieser vortrefflichen Heizanlage mit den Einrichtungen der Koch- und Waschanstalt, der Wasch- und Badeeinrichtungen im Innern der Krankenwände u. s. w. verweisen wir auf den

langt. Die Dampfkesselanlage besteht aus vier Kesseln nach Dupuis'schem System mit 3 . 60 + 22,5 = 202,5 qm feuerberührter Fläche, wovon etwa 170 qm durch den Betrieb der Dampfwasserheizung absorbiert werden. Es werden erwärmt:

22000 cbm Raum auf 16 ° R. durch 730 qm Dampfwasseröfen,
12000 „ „ „ 10—11 ° R. „ {40 „ / 200 „} Dampfheizkörper,
also 34000 cbm Raum durch 970 qm Heizfläche,

so daß auf jeden Quadratmeter feuerberührte Fläche der Dampfkessel 5,7 qm Fläche der Heizkörper entfallen. Zur Bedienung der Dampfwasserheizung und der sonstigen maschinellen Einrichtungen der Irrenanstalt sind ein Maschinist und zwei Kesselheizer angestellt.

Die täglichen Betriebskosten für die Heizperiode 1877—78 haben sich pro 100 cbm Heizraum auf etwa 0,085 Mark gestellt.

2) Im Polytechnikum zu Zürich, in welchem nunmehr seit 24 Jahren diese Heizung sich bewährt hat, werden 48227 cbm Heizraum durch vier Kessel erwärmt, welche in zwei Gruppen aufgestellt und von einem Heizer bedient sind. Die Anlagekosten stellten sich auf 1,32 bis 2,40 Mark für den Kubikmeter zu heizenden Raum.

Die täglichen Betriebskosten betragen pro 100 cbm Heizraum im Durchschnitt 0,14 Mark.

§ 65.

Kombinierte Centralheizsysteme.

Auch die Dampfwasserheizung wird in der Regel zu den kombinierten Heizsystemen gezählt. Wir hielten uns berechtigt, sie im Zusammenhange mit der Dampfheizung zu besprechen, 1) weil sie im Prinzip nur dadurch von letzterer abweicht, daß das Wärme tragende Medium nach beiden Aggregatzuständen benutzt wird — in elastisch flüssiger Form als Transportmittel und in tropfbar flüssiger als Reservationsmittel für Wärme — und 2) weil für beide Methoden auch der Wärmerezipient derselbe bleibt, nämlich ein Dampfkessel oder ein System von Kesseln.

I. Kombination der Heißwasserheizung mit der Luftheizung.

Ein anderes Verhältnis findet statt bei manchen, in neuerer Zeit zur Anwendung gekommenen Centralheizungen in Verbindung mit Ventilation. Die frische Luft wird dann in einer Heizkammer erwärmt und den zu beheizenden Räumen zugeführt. Außerdem aber sind — um die Wärmeverluste durch Transmission auszugleichen — in den verschiedenen Räumen besondere Heizkörper aufgestellt.

Ein Beispiel dieser Art bildet die auf Tafel 39 dargestellte Heizanlage der Realschule zu Darmstadt. — Die Ventilationsluft wird durch Heißwasserspiralen, welche in Kanälen unter der Decke des Souterrains liegen, auf 20 ° C. vorgewärmt (vgl. S. 148). Zu diesem Zweck sind zwei besondere Heißwasseröfen im Souterrain aufgestellt. Wir haben daher hier eine kombinierte Heißwasser-Luftheizung vor uns, zu welcher die für sich bestehende Wasserheizung mit Mitteldruck hinzutritt, bestimmt, an den kälteren Tagen die Verluste durch Transmission zu decken. Die Luftheizkammer kann; wie es eben die Verhältnisse gestatten, langgestreckt oder hoch angelegt werden: es kommt nur darauf an, in derselben die erforderliche Heizrohrfläche in solcher Abmessung unterzubringen, daß sie dem verlangten Wärmebedarf entspricht. Die Berechnung ist wieder zu führen nach Anleitung des § 13 und des § 57 (Verteilung der Transmissionsröhren), wobei die Abkühlung der Heizkammer und der Wärmeluftkanäle nicht außer acht zu lassen ist.[1])

Wasser-Luftheizungen mit Hochdruck sind mehrfach von der Firma Johannes Haag in Augsburg ausgeführt worden und haben sich im allgemeinen gut bewährt, insbesondere diejenigen Modifikationen dieses kombinierten Systems, bei welchen nicht allein die Luft der Heizkammern mit Perkinsröhren erwärmt wird, sondern noch außerdem Heizschlangen in den zu heizenden Räumen vorhanden sind. Die Behandlung der ganzen Anlage ist dann eine einfachere, denn die Wärmeentwickler gehören einem und demselben Centralheizsystem an.

In größeren Gebäuden ist man, mit Rücksicht auf die höchste zulässige Längen-Ausdehnung des Perkin'schen Systems, (welche 200 m nicht wesentlich überschreiten soll), gezwungen, mehrere Feuerstellen anzulegen. Beträgt die Anzahl der Heizstellen 3—4, so bleibt das System immerhin noch vorteilhaft und billig in der Anlage: bei größeren Bau-Komplexen aber dürfte es nach neueren Erfahrungen angemessen sein, sich für die, der Centralisation fähigere Dampf- oder Dampfluft-Heizung zu entscheiden, welche in ihrer gegenwärtigen Ausbildung allen Anforderungen gerecht werden kann.

Anm. Indessen finden sich auch großartige und weitverzweigte Baulichkeiten, welche vor zwei Decennien entstanden, mit Heißwasserluftheizung versehen; wir nennen als hervorragendes Beispiel:

Die neue **Strafanstalt** am **Plötzensee** bei Berlin, erbaut in den Jahren 1869—1876. Nach der vortrefflichen Publikation des

beachtenswerten Artikel in Nr. 1—11, Jahrg. 1879 des „Rohrlegers". Die Nr. 3 der Zeitschrift enthält die Situation der Irrenanstalt.

1) Dieser Wärmeverlust, obwohl er teilweise dem Hause wieder zu statten kommt, ist nicht zu unterschätzen; einzelne Ingenieure veranschlagen denselben auf 10 Proz. der produzierten Wärme des Heizapparates.

Geheimen Oberbaurat **Herrmann** in der „Zeitschrift für Bauwesen"[1]) sind außer dem Verwaltungsgebäude, dem Isoliergebäude und dem I. Gefängnis — welche eine Heißwasserheizung nach Haag'schem System erhielten — folgende Gebäude mit Heißwasserluftheizung versehen:

a) Das **II. Gefängnis** für 450 Erwachsene.[2]) Die erforderlichen Heißwasserapparate mit Luftkammer sind an sechs verschiedenen Stellen des Gebäudes und in 28 Systemen untergebracht. Man beabsichtigte dadurch die dem Winde ausgesetzten Zellen unabhängig und stärker zu heizen als die entgegengesetzt liegenden. Die Zuführungsrohre für erwärmte Luft münden in jeden Raum nahe der Decke, die Abführungsrohre für verbrauchte Luft liegen diametral jenen gegenüber, steigen bis zum Fußboden des Dachgeschosses auf und münden dort in schwach geneigte, mit Zinkblech ausgefütterte Holzkanäle aus, welche mit den vertikalen Abzugsschloten kommunizieren. Letztere sind nur durch eine Blechwand von dem Schornstein der Kalorifere getrennt (Aspiration). Die frische Luft wird durch drei Maschinen-Ventilatoren nach den sechs Heizkammern gedrückt (Pulsion).

b) Das **Krankenhaus** für 120 Betten.[3]) Zwei van Heck'sche Ventilatoren, welche von einer Maschine von 3 ½ Pferdekraft getrieben werden, drücken die frische Luft in die beiden langen Heizkammern. Nachdem sie sich dort an den aufgestellten Heizschlangen erwärmt hat, gelangt sie in die Mischkammer und tritt, auf 30° erwärmt, in die zu heizenden Räume nahe der Decke ein. Die verdorbene Luft wird am Fußboden abgeführt. Die stündliche Lüftung pro Bett beträgt 80—100 cbm.

II. Die Verbindung der Warmwasserheizung mit der Luftheizung.

Eine solche hatte zuerst Léon Duvoir im Irrenhause Prefargier bei Neufchatel[4]) zur Anwendung gebracht. Der Wärmerezipient ist ein in der Heizkammer aufgestellter Wasserkessel mit Steigerohr und Rücklaufrohr. Ein offenes Wassergefäß dient dazu, die Luft auf den erforderlichen Feuchtigkeitsgrad zu bringen. Alle entfernteren Räume werden mit Wasseröfen geheizt, die näher liegenden Haupträume mit erwärmter Luft aus der Heizkammer.

Der Luftraum für jeden Kranken ist reichlich auf 65 cbm bemessen, und die Anstalt faßt 130 Kranke, so daß 8450 cbm zu erwärmender Raum vorhanden sind.

Die Gesamtkosten der Heizung betrugen 50000 Frcs. = 40000 Mark.

Es entfallen demnach:
auf je 100 cbm Heizraum . . . 475 M. Anlagekosten, die täglichen Betriebskosten betragen 0,143 M. für 100 cbm Heizraum.

1) Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1877, Heft 8—12 und Jahrg. 1878, Heft 4—12.

2) Ebenda Jahrg. 1878, Blatt 21 und 22.

3) In den großen Krankensälen, welche eine starke Abkühlungsfläche darbieten, wird der größere Wärmebedarf noch außerdem durch aufgestellte Heizschlangen gedeckt, unter Beibehaltung des obigen Evakuationsquantums pro Bett und Stunde.

4) Vergl. Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen 1873, S. 437.

Anm. Im städtischen allgemeinen Krankenhause zu Berlin, welches durch die Architekten Gropius u. Schmieden in den Jahren 1868—1874 ausgeführt und in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1875 u. 1876, publiziert wurde, ist das System der Wasserluftheizung im ausgedehntesten Maßstab zur Beheizung und Ventilation von drei einstöckigen und vier zweistöckigen Pavillons in Anwendung gekommen. Diese, mit vortrefflichen sanitären Einrichtungen versehene Anstalt ist für 600 Kranke errichtet, die in 10 Pavillons und zwei Isoliergebäuden untergebracht sind. Zur Erwärmung und Ventilation der Krankenpavillons[1]) dienen langgestreckte, 1,5 m breite und 2,8 m hohe Heizkammern, die sich fast in der ganzen Länge des Krankensaales dicht unter dem Fußboden des Erdgeschosses hinziehen. In diesen Kammern ist eine Rohrleitung von schmiedeeisernen Patentrohren aufgehängt, an denen sich die durch eine große Anzahl von Öffnungen eintretende, frische Luft erwärmt, um sogleich in die Krankenräume durch im Fußboden des Erdgeschosses angebrachte Einströmungsöffnungen, welche mit tischähnlichen Registern überbaut sind, zu treten. Nach den entlegeneren Einzelzimmern gelangt die Luft durch vielfach verzweigte Kanäle. Die Abführung der schlechten Luft erfolgt dagegen durch 16 mit Stellklappen versehene Öffnungen am Fußboden, welche mit zwei, zu den Seiten der Heizkammer sich hinziehenden Ventilationskanälen kommunizieren und ihrerseits durch den hohen Abfangeschacht entlüftet werden.

Als Wärmeerzeuger dienen zwei Warmwassermitteldruck-Heizapparate, wie solche auf Taf. 34 dargestellt sind, und zwar dient ein Apparat als Wärmerezipient für die Wasserröhren der Luftheizkammern, aus welchen stündlich für jeden Kranken 77,29 cbm frische, auf 16° erwärmte Luft zugeführt werden; der zweite Apparat erheizt die in den Krankenzimmern aufgestellten Röhrenregister und liefert dadurch auch die strahlende Wärme, welche in Krankenräumen so ungern vermißt wird.

Der durchschnittliche, tägliche Kohlenverbrauch eines Pavillons bei mittlerer Winterkälte betrug 7½ Centner, wovon drei Centner als Verbrauch für die Luftheizung zu rechnen sind; das stündlich zu erneuernde Luftquantum eines einstöckigen Pavillons berechnet sich auf 3636 cbm.

III. Die Kombination der Dampfheizung mit der Luftheizung.

Dieselbe ist im letzten Decennium vielfach zur Anwendung gekommen, namentlich da, wo man von einer Aufstellung der Kondensations-Apparate in den zu heizenden Räumen Abstand nehmen mußte und gleichzeitig große, weit verzweigte Anlagen von einem Centralherde aus geheizt werden, oder wo bei Anlage großer Versammlungssäle auch eine starke Lufterneuerung notwendig ist, die in der Regel mit Sicherheit nur durch Maschinen-Ventilatoren hergestellt werden kann. Hierzu tritt die Notwendigkeit, daß nach Eintritt des Publikums in diese Räume nicht nur die Wärmeentwickelung ganz aufhören, sondern auch die durch Menschen und Beleuchtungsstoffe entwickelte Wärme abgeführt werden muß.

Solche Verhältnisse treten ein in den Sitzungssälen politischer Körperschaften, den Auditorien höherer Unterrichts-Anstalten, namentlich aber in Konzertsälen und Theatern

1) Vergl. Erbkam, Zeitschr. f. Bauwesen 1875, Taf. 42 u. 43.

mit ihren weitverzweigten Nebenräumen; dieselben können jedoch allgemein verständlich nur im Zusammenhange mit den Grundzügen der Ventilation besprochen werden, welche wir im VII. Kapitel zu behandeln haben.

Auf den Tafeln 41—45 haben wir die Gesamt-Disposition einer, im größeren Maßstabe angelegten, Dampf- und Dampfluftheizung in den Räumen des physiologischen Instituts zu Berlin dargestellt und in § 62 eingehend erläutert.

Taf. 41 giebt die Einrichtung einer kleineren Heizkammer für Dampfluftheizung. a ist das Dampfregister, b das Dampfzuleitungsrohr, bei c befindet sich das Dampfeinlaß-, bei d das Dampfauslaßventil. Mittels der Stellstange r kann die Mischklappe beliebig eingestellt werden, je nachdem die Temperatur des geheizten Raumes solches bedingt. Der Rapport für den Heizer wird, wie erwähnt, durch Metallthermometer, in Verbindung mit dem im Keller angebrachten Galvanometer, hergestellt.

Als weitere Beispiele der Anwendung einer kombinierten Dampfluftheizung nennen wir an dieser Stelle:

a) den Saal des Abgeordnetenhauses in Berlin[1]) (Fig. 241). Die frische Luft gelangt seit dem Umbau des Jahres 1876 direkt von außen in die Heizkammer, wird durch aerostatischen Druck in einen Gang unter dem Saal getrieben, tritt durch eine Anzahl kleiner Schächte unter den terrassierten Fußboden und strömt auf 16—18° erwärmt durch zahlreiche Öffnungen in den Stoßbrettern der Stufenabsätze in den Saal.

Die verbrauchte Luft steigt empor, entweicht durch eine Anzahl von Scheibenöffnungen des Deckenoberlichtes in den darüberliegenden Dachraum, um von hier ins Freie zu gelangen.

b) In dem auf Taf. 49 dargestellten provisorischen Reichstagsgebäude[2]) zu Berlin tritt die frische Luft unter Mitwirkung zweier Ventilatoren in die beiden Korridore im Souterrain, welche sich an den Langseiten unterhalb des Sitzungssaales hinziehen und aus diesen in zwei langgestreckte Heizkammern, welche mit Dampfröhren erwärmt werden. Von hier strömt sie in eine Art von Mischkammer über dem Korridor und endlich in vertikalen Kanälen aufwärts, um in einer Höhe von 9,4 m nahe der Decke durch acht kreisrunde, mit Ornament versehene Öffnungen von 1,2 m Durchmesser in den Saal auszuströmen.

Die Temperatur der Heizluft wird durch Metallthermometer kontrolliert, sie darf bei Beginn der Sitzung nur $13\frac{1}{2}$° R. betragen. — Die Luft bewegt sich nun abwärts und gelangt durch zahlreiche Öffnungen der vertikalen Stufenabsätze unter den Fußboden und von hier durch einen Korridor nach dem Aspirationsschacht.

c) Das Wiener Opernhaus ist nach Angaben des Professor Dr. C. Böhm daselbst mit einer vorzüglichen Heizungs- und Ventilationseinrichtung versehen. Die Erwärmung erfolgt durch Dampfluftheizung und ist das durchdachte System mit seiner Ankunfts-, Erwärmungs-, Mischungs- und Verteilungskammer eingehend erst im Zusammenhange mit dessen Ventilationseinrichtungen zu besprechen.

1) und 2) vergl. Häsecke, Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

§ 66.

Vergleich der gebräuchlichsten Centralheizsysteme.

Es erübrigt am Schluß dieses Kapitels nur noch, die Vorteile und Nachteile der besprochenen Systeme hier im kurzen zu präzisieren:

I. Die Luftheizung

erfordert bei mäßiger Ausdehnung des Gebäudes die billigsten Anlagekosten. — Bei rationeller Konstruktion ist der Apparat einfach, gefahrlos und leicht zu bedienen. — Ein starker Luftwechsel ist mit Leichtigkeit zu erzielen. — Selbst bei starker Kälte geht die Erwärmung schnell von statten. — Die Aufstellung von Heizkörpern in den Zimmern fällt fort.

Bei größerer Ausdehnung des Gebäudes ist dagegen die Anlage mehrerer Feuerstellen geboten, und der sichere Effekt wird daher zuweilen vom Grundriß des Gebäudes abhängig. In alten Gebäuden ist die Anlage in der Regel mit baulichen Schwierigkeiten verbunden.

II. Warmwasserheizung mit Niederdruck.

Durch Regulierbarkeit und Absperrbarkeit der Heizkörper ist dies System das vollkommenste, indem es zugleich die relativ größte Ausnutzung des Brennstoffes gestattet; dagegen sind die Anlagekosten bedeutend. — Die Bedienung ist einfach, erfordert aber Verständnis, und Ventilation ist leicht damit zu verbinden. Das System ist gefahrlos (wegen des geringen Druckes, der darin herrscht) und bei solider Ausführung fast gar nicht reparaturbedürftig. — Die Reservation der Wärme ist bedeutend, aber die Erwärmung tritt erst nach längerem Feuern ein. — Nur ganz große Gebäude verlangen die Herrichtung mehrerer Feuerstellen.

III. Warmwasserheizung mit Mitteldruck.

Regulierbarkeit des Effektes, Ausnutzung des Brennstoffes und Ausdehnbarkeit in horizontaler Richtung hat dieses System mit der Niederdruckheizung gemein; auch die Ventilation ist damit bequem zu verbinden. — Die Heizkörper sind kleiner, stärker strahlend, aber weniger zud Reservation geeignet. — Die Anlagekosten sind geringere als bei II.

IV. Heißwasserheizung.

Auch in alten Gebäuden ist dies System leicht und schnell zu installieren. Die Anlagekosten sind gering; der Betrieb ist einfach und im Preise gleich demjenigen der Luftheizung. Der Effekt tritt schnell ein.

Dagegen ist eine ausreichende Ventilation nicht leicht mit der Perkinsheizung zu verbinden; wird solche zur Bedingung, so ist Heißwasserluftheizung vorzuziehen. Der Effekt ist schwer nach der Außentemperatur regulierbar. Wärmereservation ist wenig vorhanden, daher die Gefahr des Einfrierens nicht ausgeschlossen.

V. Die Dampfheizung.

1) Dies System gestattet die größte Ausdehnung in horizontaler wie in vertikaler Richtung: es können sogar eine Anzahl von Gebäuden von einer Feuerstelle aus geheizt werden, die außerhalb ihrer Umfassungen liegt (vergl. Schluß des § 60).

2) Die Wirkung tritt schnell und intensiv ein.

3) Ventilation durch Pulsion kann leicht mit der Dampfheizung verbunden werden, da der Dampf den Betrieb von Maschinenventilatoren gestattet.

4) Wo abgehende Dämpfe verwendet werden, ist der Betrieb sehr billig; dient dagegen der Dampf nur Heizzwecken, so wird die Anlage teuer durch Beschaffung der Kessel. Letztere unterliegt polizeilicher Konzession.

5) Reservationsvermögen ist fast gar nicht vorhanden, wenn nicht Wasser in den Kondensationsgefäßen stehen bleibt, was die Anlage der größeren Gefäße wegen, verteuert.

6) Zur Bedienung ist ein geübter Heizer erforderlich, dem das Verständnis der Kesselheizung nicht mangelt.

Siebentes Kapitel.

Ventilation der Gebäude.

§ 67.

Die Ventilation der Gebäude bezweckt die Lufterneuerung der Wohnräume, d. h. die regelrechte Abführung der verdorbenen Luft und der in ihr enthaltenen schädlichen Gase und die Zuführung eines, den Prinzipien der Gesundheitspflege entsprechenden Quantums frischer Luft. Denn die Existenz der organischen Wesen verlangt als das dringendste Bedürfnis: „reine Luft zum Atmen". Wer, wie der Städtebewohner, selten nur in den Genuß einer ganz reinen Luft gelangt, weiß ihren Wert für das Wohlbefinden zu schätzen!

Erst in neuerer Zeit hat man — in Beobachtung der hohen Sterblichkeitsziffer einer auf engen Raum in großen Städten zusammengedrängten Bevölkerung — es als ein Bedürfnis anerkannt: Arbeitsräume, Bureaux, Schul- und Versammlungssäle, Schlaf- und Krankensäle, Gefängnisse und Kasernen &c. mit rationellen Lüftungsanlagen zu versehen. — Erst spät hat sich die öffentliche Aufmerksamkeit und die Gesetzgebung mit diesem wichtigen Erfordernis des Wohlbefindens und Gedeihens der Menschen beschäftigt.

Geschichtliche Vorbemerkungen. Im Mittelalter, selbst bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts hin, fühlte man das Bedürfnis künstlicher Ventilationseinrichtungen nicht. Gebäude zu zahlreicher Ansammlung von Menschen waren — mit Ausnahme der Kirchen — kaum vorhanden, und in diesen letzteren machte sich wegen ihrer Großräumigkeit ein Luftmangel nicht fühlbar. In den Wohnungen der Städte aber war, wegen der engen Straßen und Höfe, für Luftwechsel gar nicht gesorgt: die verheerenden Seuchen vergangener Jahrhunderte werden daher zum Teil der Insalubrität der Wohnungen und ihrem Mangel an reiner Luft zuzuschreiben sein! —

Als theoretischer Begründer der Ventilation kann der französische Gelehrte N. Gauger angesehen werden, der 1714 eine Abhandlung über die Mechanik des Feuers schrieb; wenigstens gab er dem bekannten Physiker Désaguliers, einem Refugié, die Anregung, auf diesen Prinzipien weiter zu bauen. Dieser übersetzte das Werk Gauger's ins Englische und brachte im Jahre 1723 dessen Erfindung im Hause der Gemeinen zur Anwendung, indem er in der Decke mehrere Luftschächte anlegte und diesen um 1736 noch eine mechanische Vorrichtung hinzufügte, welche er Centrifugalrad nannte. Der Mann, der dasselbe drehte, wurde „Ventilateur" genannt.

Bekannter als diese Versuche und von greifbareren Erfolgen begleitet, waren die künstlichen Lüftungseinrichtungen, welche im Jahre 1750 auf Veranlassung der englischen Regierung durch den Dr. Hales getroffen wurden, um der

Sterblichkeit im Gefängnis von Newgate Einhalt zu thun. Trotz der sehr primitiven Vorkehrungen minderte sich die Sterblichkeit in der Folge so bedeutend, daß monatlich nur noch ein Mann dem Gefängnisfieber erlag, während vorher dasselbe täglich ein Opfer gefordert hatte.

Diese wichtigen Erfahrungen blieben indessen Jahrzehnte hindurch unbeachtet, bis die Anwendung des Dampfes zu Heizzwecken (vergl. die Einleitung § 58) und die Heizung mit erwärmter Luft nach dem System des Prof. Meißner in Wien[1]) (1823) die Frage der Ventilation aufs Neue in den Vordergrund stellten. — Tredgold und Whitwell[2]) behandelten diesen Gegenstand eingehend und stellten die Theorie der Ventilation fest. Das Werk von Tredgold führt den Titel: Grundsätze der Dampfheizung und Lüftung aller Arten von Gebäuden. Nach der engl. Ausgabe bearbeitet von Kühn 1826, 2. Aufl. 1837. Im großen Maßstabe aber kam die künstliche Ventilation erst beim Bau des Parlamentshauses in den Jahren 1845—47 zur Anwendung, und zwar wurde hier die Luft nach den Vorschlägen des Dr. Reid in Edinburg durch mechanische Ventilatoren eingeführt. Dies System der „Pulsion" (insufflation) wirkte aber so gewaltsam, daß Dr. Reid infolge vieler Beschwerden die Ventilatoren beseitigte und durch ein System der „Aspiration" ersetzte, welches sich auch in der Folge bewährt hat.

Als Folge der in den Jahren 1857 und 1860 vom Parlament veranstalteten Enquêten, welche sich mit der Ventilation und den hygienischen Einrichtungen der Kasernen und Militärhospitäler beschäftigten, kamen die höchst mangelhaften sanitären Zustände dieser Gebäude zur Sprache, und müssen fortan, auf Grund von Parlamentsbeschlüssen, alle öffentlichen Gebäude Englands mit Lüftungseinrichtungen versehen werden. Der Krystallpallast zu Sydenham, das Guy-Hospital, das Thomas-Hospital zu London, viele Konzertsäle und Theater wurden in rascher Aufeinanderfolge zu ebensovielen Objekten, an denen die neuen Vorschriften mit mancherlei Modifikationen zur Anwendung kamen.

In Frankreich sind die umfassendsten Versuche über Lüftung und Heizung durch den Artilleriegeneral Arthur Morin[3]) gemacht und bei den großartigen Anlagen der Pariser Hospitäler Lariboisière, Necker und Beaujon zur Anwendung gebracht worden. Letztere sind nach den Systemen der französischen Ingenieure Léon Duvoir, Thomas & Laurens resp. Grouvelle und van Hecke ausgeführt und 1854 in Thätigkeit gesetzt worden.[1]) Das Conservatoire des arts et métiers, die Deputirtenkammer, der Palast des Senats, ferner das théâtre lyrique und du Châtelet wurden in den Jahren 1854—62 ebenfalls nach Morin's Angaben geheizt und gelüftet, und die Methode so vervollkommnet, daß deren Anwendung sich schnell in die Nachbarstaaten verbreitete.

Eine wahrhaft wissenschaftliche Basis erhielt die Ventilationsfrage aber erst durch Professor Dr. Max v. Pettenkofer in München. Seine Ansichten sind niedergelegt in dem epochemachenden Werke: Versuche über den Luftwechsel in Wohngebäuden, München 1858. Diese analytischen Forschungen gaben Hilfsmittel an die Hand, um exakte Erhebungen über den Grad der Luftverderbnis anstellen zu können, wie sie Grassi für die oben genannten Pariser Hospitäler und Prof. Dr. Carl Böhm am Garnisonshospital in Wien anstellte und 1862 veröffentlichte.

Während aber auf dem von Prof. v. Pettenkofer geschaffenen, streng wissenschaftlichen Wege rüstig weiter geschritten wird, sind alle wichtigen Kulturvölker der Erde bemüht, die Fortschritte der Wissenschaft auch für das öffentliche Leben und die Gesundheitspflege nutzbar zu machen, und diese neueren Bemühungen sind zum Teil in einer Reihe von Broschüren und Abhandlungen niedergelegt, von denen wir untenstehend[2]) die wichtigeren mitteilen.

---

1) Meißner's System wurde in Deutschland angefeindet, in England dagegen sind seine Prinzipien in Armenhäusern und Gefängnissen vielfach verwertet worden. Vergl. auch § 54 des Werkes.

2) Whitwell, on warming and ventilating houses and buildings by means of large volumes of attempered air. London 1834. 4.

3) Morin. Etudes sur la ventilation. 2 vol. Paris 1863.

1) Sorgfältige, vergleichende Versuche mit den beiden, in diesem Hospital eingerichteten Systemen der Ventilation in Verbindung mit Heizung, nämlich Léon Duvoir (Aspiration) und Thomas u. Laurens (Pulsion), sind von Dr. Grassi angestellt und veröffentlicht in dessen „Etude comparative de deux systèmes de chauffage et ventilation établis à l'hôpital Lariboisière". Paris 1856.

Von großer Tragweite für die Wissenschaft war auch das im Vorhergehenden vielfach citierte Werk Péclet's, Traité de la chaleur considerée dans ses applications. III. édit. Paris 1860—1861.

2) D. B. Reid, On ventilation in american dwellings. New York 1873.

Lewis W. Leeds, A Treatise on ventilation. II. edit. New York 1876.

Sulla ventilatione naturale delle caserne per B. de Benedictis, maggiore del Genio. Roma 1875.

Wolffhügel, Über die Prüfung von Ventilationsapparaten. 1876.

G. Lunge, Zur Frage der natürlichen Ventilation mit Beschreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1877.

C. Lang, Über natürliche Ventilation und die Porosität der Baumaterialien. Stuttgart 1877.

C. Häsecke, Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Luftheizung. Berlin 1877.

V. C. Joly, Traité pratique du chauffage etc. II. édit. Paris 1873.

C. Munde, Zimmerluft, Ventilation und Heizung. 2. Aufl. 8. Leipzig 1877.

Stäbe's Preisschrift über die zweckmäßigsten Ventilationssysteme. Berlin 1878.

Zahlreiche Abhandlungen sind endlich in folgenden Fachzeitschriften enthalten:

Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege;
Zeitschrift für Biologie;
Annalen der Chemie und Pharmacie;
Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden;
Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Kommission der Münchner Akademie der Wissenschaften;
Landwirtschaftliche Jahrbücher;
Der Gesundheits-Ingenieur. Organ des Vereins für Gesundheits-Technik; endlich die
Zeitschriften der Architekten- und Ingenieurvereine zu Hannover und Wien; „Zeitschrift für Bauwesen" und „Allgemeine Bauzeitung", Wien; „Centralblatt der Bau-Verwaltung".

§ 68.

Prinzipien der Ventilation.

Notwendigkeit der Ventilation. Reine atmosphärische Luft ist bekanntlich — wo immer man sie auch untersuchen möge — in der Zusammensetzung fast überall gleich, nämlich ein Gemenge von 21 Proz. Sauerstoff und 79 Proz. Stickstoff, mit einer variablen Quantität Wasserdampf (S. 89). Außerdem enthält sie stets eine gleichmäßige [1]) Beimischung von Kohlensäure (0,0004—0,0006 vom Volum der Luft), geringe Quantitäten von Ammoniak, Salpetersäure und Spuren von Jod. — Reine Luft enthält auch zuweilen Ozon [1]), wie es scheint eine Modifikation des durch chemische Aktion erregten Sauerstoffes, welcher eine Rolle in der Zerstörung der Miasmen spielt. Endlich sind in der Luft Myriaden kleiner Organismen, Gärungserreger, sogenannte Vibrionen, enthalten und Bakterien, Pilze, welche bei der Übertragung kontagiöser Krankheiten einen wichtigen Einfluß ausüben. Auch die Sumpfluft der Niederungen (Malaria) enthält gewisse krankheitserregende Ursachen, deren Übertragung sich zur Zeit der Kenntnis entzieht.

Gewöhnlich wird nun angenommen, daß die Zimmerluft um so reiner und atembarer sei, je weniger Kohlensäure sie enthält, weil mit der letzteren im gleichen Verhältnis auch die übrigen Ausatmungsprodukte, d. h. Wasserdampf und organische Bestandteile, welche letztere sich chemisch nicht nachweisen lassen, zunehmen. Diese werden durch Schweiß und Exhalation aus dem Körper ausgeschieden und tragen zur Verderbnis der Zimmerluft bei. Dr. med. Carl Munde [2]) in seiner Abhandlung über Zimmerluft sagt darüber etwa folgendes: „Bringen drei Personen acht Stunden in einem gänzlich unventilierten Schlafzimmer zu, so wird die Luft am Morgen 1,25 kg ausgedünstete Auswurfsstoffe und 0,5 cbm Kohlensäure enthalten, und solche Luft hat unsere Jugend Tag für Tag in den Schlaf-, Schul- und Wohnzimmern einzuatmen!" Aber selbst tödlich kann die vergiftete Luft eines kleinen Raumes wirken, wenn viele Personen in ihm zusammengedrängt sind. Außer älteren, bekannten Thatsachen aus dem Kriege der Engländer in Indien und den 300 gefangenen Österreichern nach der Schlacht bei Austerlitz, von denen in einer einzigen Nacht 260 an Luftmangel starben, sei folgende Mitteilung von Henry Lewis [3]) erwähnt.

Am 2. Dezember 1848 wurden am Bord des Dampfers Londonderry in einer stürmischen Nacht durch Unwissenheit des Kapitäns 150 Personen in die Kajüte der Hinterdeckpassagiere eingesperrt. Diese Kajüte war nur 18 engl. Fuß

M. A. Wazon, Rapports sur l'exposition universelle de 1878; VI. Chauffage et ventilation des édifices publics et privés. Paris 1879.

Friedr. Paul, Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Wien 1885. 8.

Ed. Deny, Die rationelle Heizung und Lüftung. (Preisgekrönte Schrift.) Deutsche Ausgabe von Häsecke. Berlin 1886.

Rietschel, Lüftung und Heizung von Schulen. Berlin 1886.

Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. II. Aufl. Mit einem Anhang „Aus der Wohnungs-Hygiene". Leipzig 1887.

Anmerkung. Die Werke von Ferrini und Valérius, welche die ganze Wärmetechnik behandeln, sind bereits in den Anmerkungen zu S. 36 und 179 erwähnt; ebenso Morin's Manuel du chauffage et de la ventilation. In deutscher Bearbeitung von Degen.

1) Durch Mr. Thomas Walter, Professor Henry und Dr. Wheterell wurden dem Kongreß der amerikanischen Freistaaten Tabellen überreicht, welche Luftanalysen aus allen Teilen der Erde enthalten, angestellt zu allen Tages- und Jahreszeiten, innerhalb und außerhalb der Häuser. Als Mittel der Schätzung galt (nach Pettenkofer's Vorgang) der Gehalt an Kohlensäure. — Die Luft wurde in der Zusammensetzung gleichmäßig befunden, selbst in Manchester, wo jährlich zwei Millionen Tons Kohlen verbrannt werden, deren Rauch die Luft erfüllt. Hier glaubte daher die Gesundheitskommission den Faktor zu finden, der die Luft verschlechtert. Aber man war enttäuscht: der Kohlensäuregehalt betrug zwar an einigen Stellen 10, 12, sogar 15 Teile auf 10000, im Durchschnitt aber nur 0,00075 (während reine Luft 0,0004—0,00045 Kohlensäure enthält). Dieser Kohlensäuregehalt der Luft ist äquivalent demjenigen eines Zimmers von 75 cbm Inhalt, in welchem sich eine Familie von fünf Personen und eine Gasflamme während sieben Minuten ohne Lufterneuerung befinden. Die übrigen Luftanalysen von London, Paris, Madrid, Genf, Washington und vom atlantischen Ozean rc. ergaben den gleichmäßigen Kohlensäuregehalt von 0,0004—0,0006. Als Basis für die Rechnung kann 0,0005 für alle Fälle als ausreichender Mittelwert angesehen werden.

1) Ozon ist ohne Zweifel eine der Hauptursachen der Heilsamkeit der Landluft. Bei Südwestwind enthält die Luft das größte Quantum Ozon.

2) Zimmerluft, Ventilation und Heizung von Dr. Carl Munde. Leipzig 1876.

3) Vergl. dessen: Physiologie des täglichen Lebens. I.

lang, 11 Fuß breit und 7 Fuß hoch. Der Kapitän ließ die Luken schließen, und die unglücklichen Passagiere waren verurteilt, die verdorbene Luft immer aufs neue zu atmen. Als es endlich vor Tagesanbruch einem der Passagiere gelang, sich mit Gewalt einen Weg auf das Verdeck zu bahnen, um den Steuermann zu alarmieren, waren bereits 72 Passagiere tot, viele im Sterben, ihre Körper krampfhaft gewunden, das Blut war ihnen aus Augen, Nasen und Ohren getreten. Es läßt sich rechnerisch nachweisen, daß bei dem geringen Luftraum von 40 cbm Inhalt abzüglich 10 cbm für das gesamte Körpervolum der 150 Passagiere auf eine Person nur

$$\frac{30}{150} = 0{,}2 \text{ cbm Luftraum}$$

entfielen. Nach untenstehender Tabelle werden erzeugt pro Person stündlich im Mittel 20 l oder 0,02 cbm Kohlensäure, d. h. es war nach einstündigem Atmen der Gehalt an Kohlensäure auf

$$\frac{0{,}02}{0{,}2} = 0{,}1 \text{ cbm} = 10 \text{ Proz.}$$

gestiegen, eine Luftmischung, bei welcher der Mensch nicht leben kann.

Die durch den Lebensprozeß erzeugte Kohlensäure ist zum Teil der ausgeatmeten Luft beigemischt, zum Teil wird sie durch die Hautporen ausgeschieden. Die Menge, welche die Individuen ausatmen, ist nicht immer dieselbe, sondern wechselt je nach der Individualität, dem Alter, der Art der Thätigkeit und der Beschaffenheit der Nahrung. Die Kohlensäureausscheidung durch die Hautporen beträgt nur $^1/_{100}$ der ausgeatmeten Kohlensäuremenge.

Wir wollen nun untersuchen, wie sich die stündliche Kohlensäureproduktion der Individuen unter verschiedenen Verhältnissen stellt.

Ältere Arbeiten über diesen Gegenstand rühren von Andral und Gavaret her; neuere Versuche sind v. Pettenkofer und Voit mit Respirationsapparaten angestellt worden.[1]) Sie konstatierten eine größere stündliche Kohlensäureausscheidung bei Tage, als bei der Nacht, und bedeutend höhere Ausgabe dieses Gases bei stattfindender Muskelarbeit, und zwar in folgenden Verhältnissen:

bei Ruhe	bei Arbeit	Nachts
22,6 l	36,3 l	16,7 l.

Aus Scharling's[2]) Beobachtungen ergaben sich folgende Zahlen:

Individuen	Alter Jahre	Körpergewicht kg	Stündliche Kohlensäure-Abgabe l
Knabe	$9^1/_4$	22,00	10,3
Mädchen	10	23,00	9,7
Jüngling	16	57,75	17,4
Jungfrau	17	55,75	12,9
Mann	28	82,00	18,6
Frau	35	65,50	17,0

Breiting[1]) fand gelegentlich seiner Untersuchungen der Luft in Schulzimmern folgende stündliche Kohlensäureausgabe:

Bei Mädchen von 7—8 Jahren 10,5 Proz. während des Schulunterrichts,
„ „ „ 8—9 „ 12,0 „ „ „ „
„ „ „ 7—9 „ 16,7 „ „ der Singstunde,
„ Knaben „ 12—13 „ 13,0 „ „ des Schulunterrichts,
„ „ „ 12—13 „ 17,0 „ „ der Singstunde.

Auch der Einfluß, den die Krankheiten auf den Atmungsprozeß ausüben, ist hier zu erwähnen, denn er steht in direktem Verhältnis zu der Luftmenge, welche in Krankenhäusern pro Kopf und Stunde verlangt wird. Leyden und Liebermeister konstatierten, daß alle Fieberzustände eine stärkere Kohlensäureentwicklung hervorrufen, deren Quantität sich zu derjenigen des gesunden Menschen verhält wie 1,5 : 1. — Im Hospital von Vincennes wurde das Ventilationsquantum im Saal der Fieberkranken auf 60 cbm pro Bett und Stunde erhöht, während in den übrigen Krankenräumen nur 30 cbm pro Kopf vorhanden sind.

Im allgemeinen ist also die Größe der Kohlensäureausscheidung durch vorstehende Bestimmungen gegeben. Um sicher zu gehen, wird man aber nach C. Lang gut thun, in Anstalten schon für Schüler von 13 Jahren die Kohlensäureausscheidung Erwachsener anzunehmen, und für Lokale, in denen Personen von verschiedenem Alter und Geschlecht sich aufhalten, die Zahlen zu benutzen, welche sich nach v. Pettenkofer und Voit für kräftige Männer ergaben (22,6 l), weil ein auf diese Rechnung basierter, mäßiger Überschuß stets willkommen sein wird. Für Turnhallen, Fechtböden und Tanzsäle ist die Ausscheidung kräftiger Männer bei starker Muskelarbeit = 36,3 l anzunehmen.[2])

Nun ist zwar durch Erfahrung bestätigt, daß man sich ohne Störung des Wohlbefindens einige Stunden in einer Luft aufhalten kann, welche 10 ‰ an Kohlensäure enthält. Die Kohlensäure ist also kein Bedenken erregendes Moment an sich — aber mit ihr im gleichen Verhältnis nehmen auch die übrigen Ausatmungsprodukte (Wasserdampf

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. II, S. 546.
2) G. Lehmann, Handbuch der physiologischen Chemie, Bd. III, S. 320.

1) C. Lang, Über natürliche Ventilation, S. 27.
2) Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung. Zeitschrift für Biologie, Bd. XII.

und organische Bestandteile) zu. Diese letzteren aber scheinen es gerade zu sein, welche — wenn sie sich zersetzen — das Wohlbefinden der Menschen stören, denn lange ehe der Kohlensäuregehalt eine bedenkliche Höhe erreicht, bemerkt man durch die Geruchsorgane, daß die Luft verunreinigt ist. Für jeden Raum, der gesund erhalten werden soll, muß daher die durch Atmung, Ausdünstung und Beleuchtung verdorbene Luft ersetzt werden. Findet diese Lufterneuerung *stetig* und in ausreichendem Maße statt, so wird Kohlensäure und Wasserdampf auf ein zuträgliches Maß zurückgeführt.

Die Menge der abzuführenden Luft (der *Lüftungsbedarf*) spielt also auch eine wichtige Rolle; er fällt verschieden aus, je nachdem man den *Grenzwert der Verunreinigung* der Zimmerluft hoch oder niedrig normiert. Als Maßstab für die Verunreinigung wählt man mit Vorteil den *Kohlensäuregehalt*, da dieser sich am sichersten bestimmen läßt, denn die organischen Substanzen sind nicht meß- und wägbar, und der Wasserdampf ist kein sicheres Zeichen für die Verunreinigung.

v. *Pettenkofer* erklärt nun jede Luft als schlecht für dauernden Aufenthalt, welche — infolge von Atmung und Ausdünstung — mehr als 1 Proz. Kohlensäure enthält; gute Zimmerluft hat nach seinen Angaben[1]) höchstens 0,7 Proz. Kohlensäuregehalt. Da aber nach dem vorstehenden die Produktion von Kohlensäure nach Alter und Geschlecht verschieden ausfällt, so gilt dasselbe auch für den Lüftungsbedarf. Um dieses Luftquantum theoretisch zu ermitteln, bezeichnen wir mit:

C den stündlichen Ventilationsbedarf pro Kopf;
l sei die stündliche Kohlensäure-Produktion,
p der Grenzwert der Verunreinigung der Luft,
a der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlensäure,

dann ist

$$C = \frac{l}{p - a}.$$

Ausgeatmete Luft enthält nach *Vierordt* 43,34 ‰ Kohlensäure, sie muß also mit so viel frischer Luft gemischt werden, daß die Kohlensäure nach der Mischung höchstens den Grenzwert (0,0007) erreicht. Die atmosphärische Luft kann daher, um gut zu bleiben, nur 0,0002, höchstens 0,0005 an Kohlensäure aufnehmen, d. h. man bedarf für jedes Volum ausgeatmeter Luft nach umstehender Formel

$$\frac{43{,}34}{0{,}7 - 0{,}5} = \frac{43{,}34}{0{,}2} = 216{,}7$$

Volumina frischer Luft.

Die stündlich pro Kopf ausgeatmete Luftmenge beträgt bei 1050 Atemzügen à 0,05 l zusammen = 525 l, mithin die theoretische Luftzufuhr pro Kopf und Stunde

$$525 \times 216{,}7 = 113{,}8 \text{ cbm}.$$

1) Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858.

Beispiel. Ein erwachsener Schüler erzeugt stündlich 19,3 l Kohlensäure (nach *Voit* und v. *Pettenkofer*).

1) für den Grenzwert p = 0,0007 ist

$$C = \frac{0{,}0193}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 95{,}5 \text{ cbm},$$

2) für p = 1 ist dagegen

$$C = \frac{0{,}019}{0{,}001 - 0{,}0005} = 38{,}6 \text{ cbm},$$

und zwar *ohne* Rücksicht auf die durch Flammen hervorgerufene Verunreinigung.

Einfluß der Beleuchtung. Der Betrag von p ist nach v. *Pettenkofer* auch für größere Räume 0,0007 bis 0,0010. Für beleuchtete Räume ist ein sicherer Grenzwert noch nicht festgestellt[1]); es bleibt also kein anderer Ausweg, als die Kohlensäureproduktion der gegebenen Anzahl Flammen von bestimmter Lichtstärke zu berechnen und diesen Betrag mit dem durch die Bewohner erzeugten Grenzwert in Verbindung zu bringen. Um in der Praxis einen Überschlag zu machen, kann nachstehende, aus den Versuchen von *Erisman* herrührende Tabelle dienen:

Tabelle I. Über die Entwickelung von Kohlensäure durch verschiedene Beleuchtungsmaterialien (nach *Erisman*).

Beleuchtungs-Modus	Material-Verbrauch für eine Stunde	Lichtstärke in Normalkerzen	Kohlensäureproduktion per Stunde in Litern
Petroleum-Spaltbrenner	35,5 g	10	56,8
	= 0,045 l	—	—
Petroleum-Rundbrenner	5,05 g	7,6	61,6
	= 0,064 l	—	—
Öllampe	22,4 g	ca. 4	31,2
	= 0,025 l	—	—
Kerze	20,7 g	1	11,3
Steinkohlengasschnittbrenner	140 l	7,8	92,8
Steinkohlengasflachbrenner	127 l	10	86,0

Ein Gasschnittbrenner, der stündlich 140 l Gas verbraucht, erzeugt also in dieser Zeit 92,8 l Kohlensäure, d. h. etwa so viel als vier erwachsene Personen.

Der Kohlensäuregehalt a der zuströmenden Luft ist zwar etwas verschieden, kann jedoch in *Städten* nach der Ansicht von *Lang* und *Wolffhügel* zu 0,0005 angenommen werden, wodurch sich der Ventilationsbedarf bei Aufstellung des Programms eher zu groß als zu klein ergiebt.

Bei Berechnung von C aus der Formel $C = \frac{l}{p - a}$ ist nun nach vorstehender Anleitung zu verfahren. Als

1) v. *Pettenkofer* hält es für zulässig, einen Zuschlag zum Grenzwert p in die Formel einzuführen, welcher bis 1 Proz. betragen darf, während *Erisman* 0,7 Proz. als Maximum gestatten will.

Beispiel für derartige Berechnungen diene folgender Fall, den Lang[1]) behandelt.

Ein Zimmer, welches durch zwei Gasschnittbrenner von je 7,8 Normalkerzen-Lichtstärke beleuchtet ist, wird bewohnt von einem Mann, zwei Frauen, einem Jüngling, 16 Jahre alt, einem Mädchen von 9 Jahren. Es ist die stündliche Kohlensäureabgabe bei sitzender Thätigkeit und daraus der Ventilationsbedarf zu bestimmen. Nun beträgt die stündliche Kohlensäureabgabe

des Mannes	22,6 l
der zwei Frauen à 17 l .	34,0 l
des Jünglings	17,4 l
des Mädchens	12,0 l
zusammen	86,0 l.

Dazu die Kohlensäureproduktion von zwei Schnittbrennern à 92,8 l . . . . . . 185,6 l.
Die gesamte im Raume bei Gaslicht erzeugte Kohlensäuremenge beträgt daher . . . . 271,6 l = 0,2716 cbm.

I. Um bei dieser Kohlensäureproduktion die Luft völlig rein zu erhalten, d. h. den Grenzwert a = 0,0007 nicht zu überschreiten, braucht man stündlich bei Gaslicht

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 1385 \text{ cbm frische Luft;}$$

und wenn man die Zahl a = 0,0010 als Grenzwert dulden will, so sind nur erforderlich:

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0010 - 0{,}0005} = 543 \text{ cbm.}$$

II. Der Lüftungsbedarf bei Tage für den Grenzwert a = 0,0007 beträgt dagegen:

$$\frac{0{,}0860}{0{,}0007 - 0{,}0005} = 430 \text{ cbm;}$$

und für den Grenzwert 1,0 pro Mille oder a = 0,001 sogar nur

$$\frac{0{,}0860}{0{,}0010 - 0{,}0005} = 172 \text{ cbm.}$$

Anstatt, wie oben, die durch Leuchtstoffe erzeugte Kohlensäure wirklich zu bestimmen, kann man in der Formel auch einen Zuschlag zum Grenzwert einführen, welcher nach v. Pettenkofer 1 Proz., nach Erisman 0,7 Proz. betragen soll. Dadurch findet man für den kleineren Grenzwert:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0017 - 0{,}0005} = 226{,}3 \text{ cbm;}$$

nach Erisman

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0014 - 0{,}0005} = 301{,}8 \text{ cbm;}$$

und wenn der Grenzwert a = 0,001 geduldet wird:

nach v. Pettenkofer

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0020 - 0{,}0005} = 181{,}1 \text{ cbm;}$$

nach Erisman

$$\frac{0{,}2716}{0{,}0017 - 0{,}0005} = 226{,}3 \text{ cbm.}$$

Rechnet man aber getrennt mit dem v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, so erfordern die fünf Personen ohne Rücksicht auf Beleuchtung für den Grenzwert p = 001 . . . . 172 cbm,
und für die Beleuchtung allein:

$$\frac{0{,}186}{0{,}0020 - 0{,}0005} = \ldots\ldots \quad 120 \text{ „}$$

zusammen 292 cbm.

Die für verschiedene Beleuchtungsarten erforderlichen Luftmengen stellen sich nun wie folgt:

1) Für Kerzenbeleuchtung. Eine Stearinkerze, welche stündlich 11 g konsumiert und nach Tabelle I 15 l Kohlensäure entwickelt, bedarf, wenn der Grenzwert 1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine stündliche Zufuhr von

$$\frac{0{,}015}{0{,}001 - 0{,}0005} = 30 \text{ cbm Luft.}$$

Ein Kilogramm Stearinsäure erzeugt bei der Verbrennung 9715 Wärme-Einheiten und daher werden bei 11 g Konsum pro Stunde entwickelt: 106,5 Wärme-Einheiten (Andral und Gavaret fanden 108 Wärme-Einheiten).

Diese 106 Wärme-Einheiten genügen, um das stündlich erforderliche Lüftungsquantum von 30 cbm um

$$\frac{106}{30 \times 1{,}2 \times 0{,}237} = 12{,}4 \text{ Grad}$$

zu erwärmen.

2) Gasbeleuchtung. Ein Steinkohlengasflachbrenner von 10 Normalkerzen Lichtstärke absorbiert stündlich 127 l Gas und erzeugt stündlich 86 l Kohlensäure (vergl. Tabelle S. 187). Diese 86 l erfordern, wenn der Grenzwert p—1 pro Mille nicht überschritten werden soll, eine Zuführung pro Stunde von

$$\frac{0{,}086}{0{,}0005} = 172 \text{ cbm Luft.}$$

Bei der Verbrennung von 1 cbm Leuchtgas werden erzeugt 6814 Wärme-Einheiten (ohne Kondensation); durch einen Schnittbrenner, der stündlich 127 l Gas konsumiert, werden daher stündlich 865 Wärme-Einheiten entwickelt, welche die einzuführende Luftmenge erwärmen um:

$$\frac{865}{172 \times 0{,}237 \times 1{,}2} = 17{,}9 \text{ Grad.}$$

3) Elektrische Beleuchtung. Nach den Versuchen des Ingenieur Fontaine[1]) giebt eine elektrische Lampe

1) C. Lang, Über natürliche Ventilation. S. 31 u. 32

1) Eclairage à l'électricité. 1877, pag. 63.

ein gleichmäßiges Licht von der Stärke von 100 Schnittbrennern, wobei stündlich 5 cm Kohlenstäbe von 1 qcm Querschnitt verbrannt werden. Die Dichtigkeit der Kohle ist ungefähr 2,35, man verbraucht aber stündlich im Maximum 12 g Kohle, welche 44 g oder nahezu 22 l Kohlensäure erzeugen.

Um die Kohlensäure auf das zulässige Maß zu reduzieren, sind stündlich nötig nur

$$\frac{0{,}022}{0{,}0005} = 44 \text{ cbm Luft}$$

für 100 Flammen Lichtstärke! Vergleicht man dies geringe zur Verbrennung erforderliche Luftvolum mit dem für gewöhnliches Leuchtgas zu beschaffenden, welches sich auf 172 cbm pro Flamme berechnet, also für 100 Flammen = 17 200 cbm beträgt, so ergiebt sich: daß die Gasbeleuchtung ein Luftvolum verlangt, welches $\frac{17\,200}{44} = 380$ mal so beträchtlich ist, als das zur elektrischen Beleuchtung erforderliche.

Diese ungeheure Zahl führt uns mit Notwendigkeit dahin, im Sinne der Zimmerhygiene nach Möglichkeit elektrische Beleuchtung statt der Gasbeleuchtung einzuführen, weil letztere nicht nur gefahrvoll, sondern auch übermäßig hitzend und ungesund ist.

Wärmeproduktion durch Menschen.

Der Atmungsprozeß ist nichts anderes, als die langsame Verbrennung (Oxydation) des kohlenstoffreichen venösen Blutes in den Lungen, wobei eine, im Verhältnis zu seiner Intensität gesteigerte Wärmemenge frei wird. Diese Wärmemenge beträgt nach Gavaret's Versuchen 2,3 Wärme-Einheiten pro Kilogramm Körpergewicht und pro Stunde, und da das Gewicht des Menschen im Mittel 65 kg ist, so resultiert daraus eine mittlere Wärmeproduktion von 169,5 Wärme-Einheiten. Hirn[1]) fand die mittlere stündliche Wärmeproduktion nach direkten Versuchen:

bei einem sitzenden Manne = . . 170 W.-Einh.;
„ starker Muskelarbeit = . . . 255 „
ein Fieberkranker von 65 kg Körpergewicht verlor . . . . 308 „

Bei sitzendem, ruhigem Verhalten werden aber nach dem früheren 60 g Wasserdampf erzeugt, zu deren Verdampfung 37 Wärme-Einheiten erforderlich sind. Zieht man davon die durch Abkühlung des Dampfes von 37° auf 20° frei gewordene Wärme ab mit $17^\circ \times 0{,}47 = 8$ Wärme-Einheiten, so findet man die gesamte, von einem sitzenden Manne produzierte Wärme $170 - (37 + 8) = 141$ oder rot. 140 Wärme-Einheiten.

1) G. A. Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, III. édit. Paris 1875—76.

Durch diese 140 Wärme-Einheiten werden per Stunde in der Temperatur erhöht 40 cbm Ventilationsluft um

$$\frac{140}{40 \times 1{,}2 \times 0{,}237} = 12{,}3^\circ \text{ C.},$$

wobei der Faktor 0,237 die spezifische Wärme der Luft und 1,2 das Gewicht eines Kubikmeters Luft bei 20° bezeichnet.

Aus diesen numerischen Resultaten ersieht man, daß trotz einer ausreichenden Lüftung von 40 cbm pro Kopf dennoch die abgesaugte Luft eine ansehnliche Temperaturzunahme erleidet, und daß die Temperatur des Zimmers unerträglich werden müßte, wenn man die Ventilation unterbrechen oder ganz einstellen wollte. In diesem Falle wäre man nur auf diejenige Luft angewiesen, welche nebenher durch zufällige Fugen resp. beim Öffnen der Thüren eindringt.

Wasserdampf als Produkt der Respiration und Perspiration ist in erheblicher Beimischung in der Zimmerluft enthalten. v. Pettenkofer und Voit fanden mit Hülfe ihres Experimentierkabinets: daß ein junger, kräftiger Mann bei ruhigem Verhalten stündlich im Mittel 58 g Wasserdampf erzeugte, wofür als Maximum 60 g zu setzen sind. Während der Arbeit steigerte sich die Zahl auf rot. 120 g pro Stunde, d. h. auf das Doppelte.

Wird der stündliche Bedarf von frischer Luft für einen Mann bei ruhigem Verhalten zu 40 cbm angenommen, so hat jeder Kubikmeter aufzunehmen nur $\frac{60}{40 \text{ cbm}} = 1{,}5$ g Wasserdampf.[1])

Der Ventilationsbedarf ist das Volum der für eine Person stündlich auszuwechselnden Luft. Dieser Bedarf ist umstehend, unter Benutzung der v. Pettenkofer'schen Grenzwerte, für verschiedene Fälle theoretisch ermittelt worden, wobei sich — im Vergleich zu den auf Erfahrung gegründeten Angaben — in der Regel höhere Werte ergeben, als die nachfolgende Tabelle enthält. So verlangt Morin stündlich in Schulen für Erwachsene 25—30 cbm Luft, während, wenn man von der Kohlensäureproduktion eines erwachsenen Schülers ausgeht, der Ventilationsbedarf für den Grenzwert p = 1 pro Mille gefunden wird:

$$\frac{0{,}0193}{0{,}005} = 38{,}6 \text{ cbm pro Stunde.}$$

Morin's Zahlen sind aber für gewöhnliche Schulen reichlich bemessen, da bei beschränkter Unterrichtsdauer schon 10 cbm nachweislich genügen würden. Das Volum von 12—15 cbm kann daher als sehr reichlich erscheinen. In den Kommunalschulen Berlins entfallen durchschnittlich nur 4—5,5 cbm Luftvolum pro Kopf und dennoch genügt dies meist, weil die Kinder während der stündlich angeordneten Pausen das Schulzimmer verlassen müssen.

1) Die Sättigungskapacität bei + 20° C. beträgt dagegen 17,2 g.

Zwar haben die Anforderungen an ausreichende Luftzufuhr im Laufe der letzten 25 Jahre wesentliche Steigerungen erfahren, wie eine von E. Häsecke gegebene Zusammenstellung in dessen „theoretisch-praktischer Abhandlung über Ventilation“ erkennen läßt. Indessen hat auch General Morin die Zahlen seines Ventilationsprogrammes bedeutend erhöht, so daß man sie bei dem jetzigen Stande der Ventilationsfrage als reichlich genügend ansehen kann, wenn im übrigen nur die Anlage der Luftzu- und -Abführung eine zweckmäßige ist.

Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde[1])
(nach Morin).

In Krankenhäusern für gewöhnliche Kranke	60—70 cbm,
„ „ „ Verwundete	100 „
„ „ bei Epidemien	150 „
„ Gefängnissen	50 „
„ gewöhnlichen Werkstätten	60 „
„ Kasernen bei Tage	30 „
„ „ „ Nacht	40—50 „
„ Theatern	40—50 „
„ Versammlungssälen je nach der Benutzungsdauer	30—60 „
„ Schulen für Kinder	12—15 „
„ Schulen für Erwachsene	25—30 „
„ Schulanstalten für größere Schüler	15—20 „

Verhältnis zwischen dem Luftvorrat und dem Ventilationsbedarf.

Luftvorrat, Luftkubus ist die Anzahl von Kubikmetern, welche auf jede einzelne der in einem Raume befindlichen Personen bei gleicher Verteilung trifft. Der Luftkubus wird also erhalten, wenn man mit der Personenzahl in den kubischen Raum dividiert. Daher ist Luftkubus und Ventilationsbedarf nie dasselbe. Bei mehrstündiger Benutzung eines Raumes kann man aber die in dieser Zeit notwendige Luftmenge gleichsetzen der Summe aus Luftvorrat und Ventilationsbedarf.

Die Ansichten über das Verhältnis zwischen beiden Zahlen gehen vielfach auseinander. Zuweilen findet man die Regel befolgt, daß Luftkubus und Ventilationsbedarf pro Kopf und Stunde 100 cbm betragen sollen. So werden in den englischen Kasernen stündlich pro Mann gerechnet 17 cbm Luftkubus und in dieser Zeit 83 cbm frische Luft eingeführt. Es frägt sich nur, ob das Ventilationsquantum hier nicht zu groß wird, ob durch die starke Ventilation nicht unangenehme Luftströmungen im Zimmer veranlaßt und dadurch — wie bei Wind im Freien — die Lufttrockenheit erhöht, außerdem die Betriebskosten unnötig vergrößert werden.

Als Regel dürfte sich ergeben: daß in Räumen von vorübergehender Benutzung und bei Anwendung natürlicher Ventilation der Luftkubus wichtig ist und der größere Raum als der günstigere angesehen werden kann. — Bei längerer Benutzung und Anwendung künstlicher Ventilationseinrichtungen kann der Luftkubus ganz außer Betracht bleiben.

§ 69.

Verschiedene Arten der Lüftung.

Man unterscheidet in der Heiztechnik zwei Hauptarten der Lüftung, die natürliche und die künstliche, und versteht unter der ersteren jeden Luftaustausch zwischen der atmosphärischen und der im Innern des Gebäudes eingeschlossenen Luft, soweit derselbe nur infolge des Temperaturunterschiedes zwischen diesen beiden oder durch die Kraft des Windes, und zwar durch mehr oder weniger direkte Öffnungen stattfindet. — Man spricht dagegen von künstlicher Ventilation, wenn die Bewegung der verunreinigten Luft durch erwärmte Ventilationsschächte oder Maschinen hervorgebracht wird. Die dazu verwendeten Maschinen nennt man „Ventilatoren“, und zwar Saugventilatoren, wenn die verbrauchte Zimmerluft durch Maschinenkraft abgesaugt (aspiriert) wird, und Druckventilatoren, wenn die frische Luft in gleicher Art in die Räume hineingepreßt wird. Danach unterscheiden sich die schon mehrfach erwähnten Systeme der „Aspiration“ und „Pulsion“ oder Insufflation.

Während obige Definition das Wesen der natürlichen Ventilation nur auf die Motoren, d. h. den Temperaturunterschied und die saugende Kraft des Windes im Freien zurückführt und von den Wegen ganz absieht, welche die Luft einschlägt, um ins Freie zu entweichen, muß im Sinne einer wissenschaftlicheren Bezeichnung noch unterschieden werden die natürliche Ventilation im engeren Verständnis, wobei der Luftaustausch nur durch die Poren, Fugen und Ritzen der Bauteile stattfindet. Im Gegensatz hierzu würde jede mittels künstlicher Luftleitungen hervorgebrachte Lufterneuerung als künstliche Ventilation aufzufassen sein, gleichgültig, ob die Luftbewegung durch zufällige oder eigens herbeigeführte Temperaturunterschiede, durch die Wirkung des Windes oder durch Maschinen veranlaßt wird.

1) Nach der Anweisung vom 7. Mai 1884, betreffend Ausführung der Centralheizungsanlagen in fiskalischen Gebäuden ist pro Kopf und Stunde ein Luftwechsel von 80 cbm für Krankenzimmer, von 30 cbm für Gefangene in Einzelhaft, von 20 cbm für Versammlungssäle, Auditorien ꝛc. und 20—10 cbm für Schulzimmer zu Grunde zu legen.

A. Natürliche Ventilation.

§ 70.

Die Frage, ob die Verbesserung der Luft unserer Wohnungen auch ohne besondere Lüftungsanlagen möglich sei, ist in allen den Fällen von hoher Bedeutung, wo man von künstlichen Ventilationseinrichtungen absehen muß und — neben dem Lüften durch die Fenster — die Beschaffung reiner Luft nur durch die Poren der Baumaterialien, sowie durch die Ritzen und Fugen der Thüren und Fenster erwartet.

Es ist v. Pettenkofer's Verdienst, in seiner „Abhandlung über den Luftwechsel in Wohngebäuden" auch diese Thatsachen hervorgehoben und die Anregung für weitere Arbeiten gegeben zu haben.

Als **Motoren** der natürlichen Ventilation können wir nun folgende Bewegungsursachen auffassen:

a) die Temperaturdifferenz der innerhalb und außerhalb des zu ventilierenden Raumes befindlichen Luft;

b) das Diffusionsbestreben der zwei durch die Wände des Hauses getrennten Luftmischungen;

c) die Stärke und Richtung des Windes im Freien.

Während in den meisten Fällen diese drei Motoren gleichzeitig auftreten und sich daher getrennt kaum beobachten lassen, ist im Grunde nur einer derselben, nämlich die Stärke und Richtung der Luftbewegung im Freien, von größerem Einfluß auf die natürliche Ventilation.

Zu a) Der Temperaturunterschied der beiden getrennten Luftschichten erzeugt einen Druck auf die Flächeneinheit der Wand, und zwar von außen nach innen, welcher in gewissem Grade den Luftaustausch beeinflußt. So wurden nach v. Pettenkofer von dem Luftinhalt seines Zimmers ausgetauscht:

bei 20°	Temperatur-Unterschied . .	95 cbm,
„ 19°	„ „ . .	75 „
„ 4°	„ „ . .	22 „

Diese Schwankungen sind aber offenbar noch von anderen Bewegungsursachen abhängig gewesen. Noch unklarer stellt sich das Verhältnis bei den Beobachtungen von Märcker.[1])

Zu b) Die Diffusion durch poröse Wände geschieht nur sehr allmählich, und da die Differenzen der Mischungsverhältnisse und Spannungen der Gase, welche die Luft außen und innen bilden, sich als sehr gering erwiesen haben, so kann der Einfluß der Diffusion im Verhältnis zu den sonstigen Einflüssen unberücksichtigt bleiben.

1) Journal für Landwirtschaft, 19. Jahrgang.

Zu c) bei weitem wichtiger ist dagegen der Einfluß der Luftbewegung im Freien. Während Geschwindigkeiten bis 3 m im Freien nicht unangenehm empfunden werden, resultiert aus derartigen Windströmungen ein zwar unbeständiger, aber nicht zu unterschätzender Motor der sog. spontanen Lüftung. Die Luft übt nämlich auf jede freistehende Wand von f Quadratmeter Inhalt einen Druck P aus, der sich bestimmen läßt für mittelgroße Flächen aus der Näherungsformel

$$P = 0{,}13\ v^2\ f \text{ Kilogramm},$$

wenn unter v die Geschwindigkeit des Windes pro Sekunde verstanden wird.

Auf einen Quadratmeter berechnet sich daher die Windpressung für mittelgroße Flächen wie folgt:

Bei 1 m	Geschwindigkeit	0,13 .	1^2	=	0,13 kg,
„ 2 „	„	0,13 .	4	=	0,52 „
„ 3 „	„	0,13 .	9	=	1,17 „
„ 4 „	„	0,13 .	16	=	2,08 „
„ 5 „	„	0,13 .	25	=	3,25 „
„ 10 „	„	0,13 .	100	=	13,00 „
„ 20 „	„	0,13 .	400	=	52,00 „
„ 40 „	„	0,13 .	1600	=	208,00 „

Größere Geschwindigkeiten als v = 30 m kommen in Mitteleuropa, wenigstens in offener Gegend, nur selten vor. Da Apparate zur Messung der Stärke des Windes verhältnismäßig kostspielig sind, pflegt man dieselbe gewöhnlich annähernd abzuschätzen; die Stufenleiter, nach welcher dies geschieht, ist sehr verschieden.[1]) Die gebräuchliche Windstärkeskala zählt 6 Grade, exkl. Windstille; man nennt sie auch die Landskala; die Beaufortskala, welche zur See häufig angewandt wird, enthält 12 Grade.

Folgende Tabelle von Smeaton, welche von C. Lang für Metermaß umgerechnet ist, giebt die wichtigsten Windgeschwindigkeiten an.

Geschwindigkeit engl. Meile per Stunde	Geschwindigkeit Meter per Sekunde	Druck Kilogramm per Quadratmeter	Charakter des Windes
1	0,448	0,0295	kaum fühlbar
2	0,894	0,1182	eben fühlbar
3	1,342	0,2602	eben fühlbar
4	1,790	0,4672	angenehmer Wind
5	2,236	0,7274	angenehmer Wind
10	4,474	2,9096	frischer Wind
15	6,710	6,5467	frischer Wind
20	8,949	11,6387	sehr frisch
25	11,184	18,1854	sehr frisch
30	13,423	26,1930	starker Wind
35	15,659	35,6435	starker Wind
40	17,287	46,5607	sehr starker Wind
45	20,133	58,9204	sehr starker Wind
50	22,372	72,7419	Sturm
60	26,846	104,7661	großer Sturm
80	35,795	186,2548	Orkan

1) Bei den meteorologischen Stationen des Binnenlandes pflegt die Aufzeichnung der Windstärken anemometrisch nicht gemessen zu

Aus dieser Tabelle läßt sich entnehmen, daß der Einfluß des Windes auf die Ventilationsgröße von Bedeutung werden kann.

Märcker fand in einem Kuhstalle zu Weende das Ventilationsquantum in folgender Art vermehrt:

an einem windfreien Tage zu 1635 cbm,
bei Südwestwind 1. Stärke „ 2439 „
also per Sekunde mehr 804 cbm;

wieviel auf zufällige Spalten und Ritzen entfiel, ist nicht angegeben.

d) Die Wege der natürlichen Ventilation im engeren Sinne. Alle zufälligen Spalten und Ritzen an Thüren und Fenstern entziehen sich der vergleichenden Beobachtung; ihren ungefähren Einfluß erkennt man jedoch aus v. Pettenkofer's Beobachtungen. Bei 19° Temperatur betrug die Ventilation in dessen Arbeitszimmer 75 cbm per Stunde und, nachdem die Fugen sämtlich verklebt waren, bei gleicher Temperaturdifferenz nur 54 cbm, also 28 Proz. weniger.

Hieraus ist der Schluß zu ziehen: **daß die Poren der Baumaterialien mehr Wege für die Luft offen lassen, als die zufälligen Öffnungen.** Trotz alledem müssen letztere nach Möglichkeit vermieden werden, weil der Luftstrom durch Fugen wegen des geringen Querschnitts derselben mit größerer Geschwindigkeit eintritt, also Zug verursacht. Wo dagegen, wie bei durchlässigen Wänden, die Luft sich auf eine möglichst große Fläche verteilen kann, da wird sie nie eine große Geschwindigkeit erlangen. Nun ist nach Beobachtung v. Pettenkofer, Märcker u. a. erwiesen, daß durchlässige Wände die Luft am oberen Teil aus-, am unteren Teil eintreten lassen, und da diese Bewegung nur sehr langsam vor sich geht, ist gleichzeitig der Vorteil geboten, daß bei dieser spontanen Ventilation die Luft auf ihrem Wege allmählich vorgewärmt wird und mit einer mittleren Temperatur in den Raum eintritt.

Außerdem haben poröse Baumaterialien den Vorteil, daß mit der Porosität die Wärmekapacität zu- und die Wärmeleitungsfähigkeit abnimmt.

Einfluß der Wärmedurchlässigkeit der Wände.

Die Permeabilität ganzer Wände ist in überraschender Weise durch v. Pettenkofer auf dem Wege des Versuches in nachstehender Art veranschaulicht[1]) und dadurch außer Zweifel gestellt worden. Aus den Resultaten dieser Untersuchungen zog dann Oberbaudirektor v. Pauli weitere Schlüsse auf die Ventilationsgröße des Pettenkofer'schen Arbeitszimmers. Schulze und Märcker endlich haben die Größe der Ventilation ganzer Mauern per Quadratmeter Wandfläche zu bestimmen versucht. Dabei hat sich folgender Luftwechsel für 1° Temperaturdifferenz pro Stunde ergeben:

bei Sandstein	. . . .	0,089 cbm,
„ Kalkbruchstein	. . .	0,225 „
„ Backstein	. . . . .	0,146 „
„ Tuffstein	. . . . .	0,238 „
„ Lehmstein	. . . .	0,423 „

Anm. Diese Resultate sind jedoch wesentlich durch die Mörtelfugen veranlaßt, welche bei Bruchstein etwa zu $^1/_3$, bei Tuffstein zu $^1/_4$, bei Backstein zu $^1/_5$—$^1/_6$ und bei Quaderbau in Sandstein zu $^1/_6$—$^1/_8$ des ganzen Mauerkörpers veranschlagt werden können.

Auch an einzelnen Materialstücken hat v. Pettenkofer Versuche gemacht und die Permeabilitätsgröße nachgewiesen. Andere messende Beobachtungen rühren von Schürmann, Märcker und C. Lang her. Letzterer hat sein Verfahren eingehend in der oben citierten Broschüre beschrieben.[2]) Es ergaben sich dabei folgende Erfahrungssätze:

1) Die durch poröses Material gehende Luftmenge ist direkt proportional der Druckdifferenz auf den gegenüberstehenden Seiten der porösen Wand und umgekehrt proportional der Dicke dieser Wand.

2) Die verschiedenen Baumaterialien ordnen sich rücksichtlich ihrer Durchlässigkeit nach einer Reihe.[3]) Am durchlässigsten ist Kalktuffstein.

---

werden. Man bestimmt hier für gewöhnlich außer Windstille nur drei Windstärken; Wind vierter Stärke ist Orkan.

Dagegen verzeichnet die deutsche Seewarte die mit Hülfe des Anemometers gefundenen Tagesmittel der Windgeschwindigkeiten in Metern per Sekunde für sämtliche Normal-Beobachtungsstationen der deutschen Küste. So betrug das Tagesmittel der Windgeschwindigkeit am 1., 2 und 3. April zu Hamburg 11,0, resp. 12,2 und 11,6 m per Sekunde.

1) Eine Ziegelsteinwand von $^1/_4$ qm Oberfläche wird in Kalkmörtel auf luftdichter Unterlage aufgeführt. Die schmalen Stirnseiten sind mit Gips und Harzfirnis bezogen, die breiten Wandflächen dagegen mit Metallplatten bekleidet und letztere beide in der Mitte mit einem Rohrstutzen versehen. Die Wände schließen luftdicht an den Firnis an. Verbindet man mit dem einen Rohrstück einen Kautschukschlauch, den man in ein Wassergefäß leitet, mit dem anderen Rohrstück ein Glasrohr, so erfolgt — sobald man in das Glasrohr bläst — ein lebhaftes Geräusch im Wasser. Bläst man in den Schlauch, so wird eine vor das Glasrohr gehaltene Kerze ausgelöscht. — Wird 2) das zwischen den Metallplatten liegende Mauerwerk stark befeuchtet, so ist es mit der heftigsten Anstrengung nicht möglich, das Licht auszulöschen — Dr. A. Wolpert schätzt die, durch die Kraft der Lunge ausgeübte Pressung gleich $^1/_{10}$ Atmosphäre. Die Erklärung des Experimentes und der in unzählige Fäden zerlegten, durch die Poren gedrückten und wieder vereinigten Luftteile ist in klarer Weise gegeben in seiner „Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung", 1. Aufl. Braunschweig 1879.

2) C. Lang, Über natürliche Ventilation ꝛc. Stuttgart 1877.

3) Bei einem konstant gehaltenen Überdruck von 0,0108 kg pro Quadratcentimeter wurden auf jeden Quadratmeter Fläche des 30 mm dicken Versuchsstückes stündlich diffundiert (vgl. Lang S. 81):

durch Kalktuffstein	. . . .	28728 Liter Luft,
„ Grünsandstein (baierischen)	. .	468 „ „

3) Jede Mauerbekleidung vermindert die Durchlässigkeit für Luftwände mit Luftmörtel verputzt, lassen viel Luft hindurchdringen, um so weniger die mit Gipsmörtel geputzten Flächen. — Anstriche und sonstige Bekleidungen verhalten sich in der Art, daß Kalkfarben-Anstrich am wenigsten, Leimfarbe mehr, und Tapeten in noch höherem Maße die Durchlässigkeit vermindern. — Mehrmaliger Ölfarbenanstrich verhindert die Durchlässigkeit vollständig. — Wasserglasanstrich wird im Laufe der Zeit dichter und bildet einen völligen Poren-Verschluß.

4) Die Baumaterialien werden durch Befeuchtung für den Luftdurchgang mehr oder minder geschlossen, und die Mörtelfugen verlieren dadurch einen großen Teil ihrer sonst bedeutenden Durchlässigkeit.

5) Cement wird nach längerem Aufbewahren im Wasser bleibend undurchlässig.

Resumé. Aus diesen Sätzen ergeben sich folgende Regeln für Erreichung einer natürlichen Lüftung (mittels direkten Luftdurchgangs):

Man baue mit porösem Material und nicht zu dicken Frontmauern, verhindere das Aufsteigen der Feuchtigkeit und sorge für gutes Austrocknen der Wände vor deren Benutzung. Bei freier Lage des Gebäudes gegen die Windrichtungen und starker Temperaturdifferenz kann dann eine natürliche Luftverbesserung der Räume erwartet werden. Ob diese, nur auf Permeabilität der Wände beruhende, natürliche Lüftung einen ausreichenden Luftwechsel im Sinne der Hygiene hervorrufen könne, muß zunächst durch Erfahrungen und Versuche festgestellt werden: bei unserer gegenwärtigen Bauart genügt sie, mindestens für städtische Wohngebäude, nicht, und es müssen daher zur Erzielung eines ausgiebigen Luftwechsels im abgeschlossenen Raume an bestimmten Stellen des Zimmers Öffnungen oder Röhren angebracht werden, durch welche die Luft des Raumes mit der äußeren Luft kommunizieren kann.

Künstliche Steine.

durch	Schlackenstein (Hardt)	27348	Liter Luft,
„	Ziegel, Hartbrand, Handstein .	732	„ „
„	„ Schwachbrand „ .	312	„ „
„	„ Maschinenstein	474	„ „

Bindemittel.

durch	Luftmörtel	3264	Liter Luft,
„	Beton	930	„ „
„	Portland-Cement, erhärtet . .	492	„ „
„	Gips gegossen	146	„ „

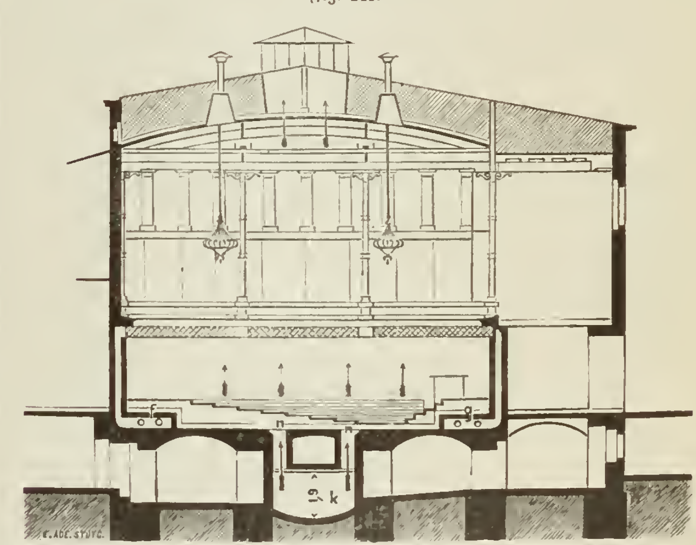
B. Lüftung mit Hülfe von Luftleitungen (Ventilationskanälen).

§. 71.

a) Anlage der Luftleitungen.

Abzug der verdorbenen Luft. Der Hauptzweck der Zimmerlüftung ist regelrechte Abführung der verdorbenen Luft; es ist also wünschenswert, sie da abzuleiten, wo sie am stärksten verunreinigt ist. Diese Zone befindet sich nach den Beobachtungen des Prof. Coulier[1]) im allgemeinen in der Nähe des Zimmerplafonds. Aber solcher Abzug der Zimmerluft ist nicht überall angänglich, namentlich nicht bei gewöhnlichen Luftheizungsanlagen, weil in der kalten Jahreszeit auch die Heizluft direkt nach den Abzugsöffnungen strömen würde, ohne vorher die Zimmerluft und die umschließenden Wände durch Kontakt erwärmt zu haben. Jedenfalls aber ist diese Methode da berechtigt, wo die frische und dichtere

Fig. 241.



Luft in der Nähe des Fußbodens einströmt, und wo man die Absicht hat, den Raum durch Luftwechsel auch abzukühlen, wie dies in Theatern und Versammlungssälen der Fall ist. In derartigen Räumen findet eine sehr bedeutende Wärmeentwicklung durch Gasflammen (865 Wärme-Einheiten pro Flachbrenner), und zwar zum größten Teil erst oberhalb des Zuhörerraumes, statt: die Produkte des Verbrennungsprozesses müssen daher schnell nach oben abgeführt werden, damit sie nicht in die Zone der Zuhörer gelangen und diesen lästig werden können.

1) Annales d'hygiène 1873. Er sagt: „die ausgeatmete Luft wird allerdings schwerer durch die Kohlensäure, aber dieser Effekt wird mehr als ausgeglichen durch ihre Temperatur von 37° C. und den in ihr suspendierten Wasserdampf. Die algebraische Summe dieser Gewichtsquantitäten ist eine verminderte Dichte."

Ein Beispiel dieser Art ist die Ventilationseinrichtung im Abgeordnetenhause zu Berlin, Fig. 241.[1]) Die Luft wird durch aerostatischen Druck in die seitlich liegende Dampfluftheizkammer, aus dieser in den Gang k, dann in der Richtung der Pfeile durch eine Anzahl kleiner Schächte n, n unter den hohlen Saalfußboden getrieben und strömt von hier durch zahlreiche Öffnungen in den Futterbrettern der Stufenabsätze unmittelbar in den Saal. Die in den Schächten aufgehängten Thermometer zeigen dabei eine sehr gleichmäßige Temperatur (16—18° R.), die warme Luft steigt im Saale senkrecht auf und entweicht durch die Scheiben im Deckenoberlicht in den Zwischenraum zwischen den beiden Glasdecken; von da gelangt sie durch die Register der Laterne ins Freie.

Die natürliche Bewegung der Luft „von unten nach oben" ist auch bei der durch Prof. Dr. Böhm angeordneten Ventilation des neuen Opernhauses in Wien zur Anwendung gekommen. Dieses Gebäude wird von allen Ingenieuren und Hygienisten als ein Muster betrachtet, welches sich der Vollkommenheit sehr bedeutend nähert. Dasselbe ist besprochen unter V „Ventilation der Theater".

Regeln für die Einführung frischer Luft.

1) Die eingeführte Luft muß rein sein; sie ist daher von Orten zu entnehmen, welche frei und entfernt von allen Infektionsursachen gelegen sind.

2) Vor dem Eintritt in die Räume ist die Luft vom fortgerissenen Staube zu befreien und im Sommer möglichst abzukühlen. In Spitälern, Versammlungssälen, Theatern sorgt man also dafür, daß dieselbe möglichst aus Gärten entnommen werde und läßt sie in dem großen Hauptkanal einen feinen Regen passieren, um sie gleichzeitig abzukühlen. — Im Trokaderopalast zu Paris wird die Luft zum größten Teil aus der Höhe, d. h. über den Dächern entnommen, kann aber auch aus den Steinbrüchen, unterhalb des Gebäudekellers, zugeleitet werden. Diese letztere Entnahme gewährt den Vorteil, daß die Lufttemperatur dort sehr konstant ist, d. h. im Sommer kühler, im Winter wärmer als die atmosphärische Luft.

3) Die reine Luft muß mit einer Temperatur in die Lokale gelangen, die wenig von deren Normaltemperatur verschieden ist, und in solcher Höhe, daß sie die in dem Raume befindlichen Personen nicht direkt treffen kann. Wie unbequem partielle Luftströme sind, beweist die Thatsache, daß Einströmungsöffnungen im Fußboden der Theater in der Regel vom Publikum verdeckt werden; doch kann diesem Übelstande durch einen Teppich, welcher den Luftstrom bricht und zerteilt, abgeholfen werden (Parlamentshaus in London).

4) Man bringe daher die Einströmungsöffnungen in solcher Höhe an, daß der schräg nach oben geleitete Strom an der Decke fortgleitend seine Geschwindigkeit verliert und nun langsam an der gegenüberliegenden Wand hinabsinkt.[1]) Auch bei Anwendung von Registerbekleidungen (vergl. Taf. 46) soll die erwärmte Luft stets schräg nach oben gerichtet austreten.

5) Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung der reinen Luft in dem zu lüftenden Lokale zu erreichen, schlägt Morin vor, möglichst viele Austrittsöffnungen anzulegen. Es hat aber bei mehrgeschossigen Gebäuden schon seine technischen Schwierigkeiten, nur zwei Ab- und Zuführungskanäle für jeden Raum anzulegen.

Anm. Noch kolossaler sind die Hindernisse bei einer größeren Anzahl von Luftkanälen oder bei Einführung der sogenannten „Porenventilation" nach Scharrath's System. Bei dieser Einrichtung tritt die Luft nicht in geschlossenen Strömen aus einzelnen Öffnungen, sondern in möglichst feiner Zerteilung durch größere Felder in den Wänden in die zu lüftenden Räume ein. Die Porenfelder werden aus Segeltuch ähnlichem Baumwollenstoff hergestellt, der über Holzrahmen gespannt und fensterartig in die zugehörigen Wandnischen eingefügt ist, eine Methode, die früher schon von Dr. Reid für das englische Parlamentsgebäude (unter Verwendung von Haarsieben oder Kanevas für die Porenfelder) angewendet wurde. Wegen der starken Reibungswiderstände, welche die Luft beim Passieren der Poren zu überwinden hat, ist dabei eine starke Triebkraft (Aspiration oder besser mechanische Pulsion) notwendig.

Will man Unzuträglichkeiten aus dem Wege gehen, so mache man die Zuleitungskanäle und deren Mündungen möglichst groß und lege letztere wenigstens 2 m hoch über dem Fußboden an. Die Abzugsöffnungen für kalte Luft kommen dann dicht an den Fußboden zu liegen, und soweit angänglich, entfernt von den Sitzen der Personen.

6) Die Einführungsöffnungen oder die zu denselben führenden Luftleitungskanäle müssen Abschlußvorrichtungen haben, mittels deren man die Ventilation nach Bedürfnis regulieren oder ganz unterbrechen kann. Derartige Regulierungsvorrichtungen sind in § 43 dargestellt und besprochen worden. Eine stellbare Klappeneinrichtung für Dampfregister mit Ventilation enthält Tafel 53.

1) Entnommen aus E. Häsecke, Ventilation in Verbindung mit Heizung.

1) Vergl.: Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Mit Genehmigung desselben veröffentlicht. Berlin 1874. Kommissions-Verlag von Beelitz. Die Kommission, welche mit der Untersuchung betraut war, konnte durch kleine, freischwebende Ballons nachweisen, daß der Strom bei großer Anfangsgeschwindigkeit sich verbreitert und allmählich langsam werdend in einer parabolischen Linie zur Decke steigt, sich bis zur gegenüberliegenden Wand fortsetzt, hier sich bricht, im unteren Raum verteilt und mit zunehmender Geschwindigkeit seinen Lauf nach der Abzugsöffnung richtet.

7) Die Geschwindigkeit der Luft in den Abzugskanälen und das Quantum der zugeführten Luft müssen stets miteinander in solchem Verhältnis stehen, daß die stündlich eingeführte Luftmenge mindestens gleich der, in derselben Zeit dem Lokal entzogenen ist. Major v. Benedictis[1]) verlangt sogar stärkere Luftzufuhr, um den Zug zu vermeiden; denn bei gutem Abzuge im Aspirationsschacht führt der Druck der äußeren Luft leicht einen Nebenzufluß von letzterer herbei in der Weise, daß dieselbe durch alle vorhandenen Fugen und Ritzen eintritt, wenn nicht reichliche Zuströmung durch die Zuführungskanäle stattfindet.[2]) Es ist andererseits denkbar, daß infolge des aerostatischen Druckes die verdorbene Luft teilweise in den Raum zurückfließen kann, Übelstände, welche wir schon bei den Heizkaminen kennen gelernt haben. Es ist aber Aufgabe des Technikers, Sorge zu tragen, daß weder schädlicher Zug, noch konträre Strömungen stattfinden können, und daß also die Ventilation ohne Belästigung der Zimmerinsassen vor sich geht.

Querschnitt der Ventilationskanäle. Derselbe ist abhängig von der Ausflußgeschwindigkeit der Luft, welche ihrerseits wieder eine Funktion ist von dem Höhenunterschied H der Luftein- und Ausflußöffnungen, von den Temperaturen T und t an der unteren resp. oberen Ausflußöffnung und den gesamten Bewegungswiderständen. Die theoretische Ausströmungsgeschwindigkeit drückt sich nach § 43 aus durch die Formel:

$$v = 4{,}4 \sqrt{\frac{H\,(T-t)}{273+t}}.$$

Von dem gefundenen Wert ist (wegen Stauung und Reibung in den Röhren) nur die Hälfte, und bei kurzen Kanälen $^3/_4$, zu nehmen.

Ist die Geschwindigkeit in jedem besonderen Fall ermittelt, so findet man den Querschnitt der Kanäle in Quadratmetern, indem man das den betreffenden Räumen stündlich zuzuführende Luftquantum Q durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Zeitdauer dividiert, d. h. es ist der Querschnitt

$$F = \frac{Q}{3600\,v}.$$ [3])

Näherungsformeln. Für geringe Temperaturdifferenzen kann die Formel

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,(T-t)}{273+t}}$$

zu annähernder Berechnung vereinfacht werden. Ist z. B. $T = 20^0$ und $t = 19^0$, also $T - t = 1^0$, so ist

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,H\,.\,1}{273+19}} = 0{,}259 \sqrt{H} = \text{rot.}\ ^1/_4 \sqrt{H},$$

also für kurze Kanäle:

$$v = {}^1/_4\,.\,{}^3/_4 \sqrt{H} = {}^3/_{16} \sqrt{H},$$

oder unter günstigen Verhältnissen:

$$v = {}^1/_5 \sqrt{H} = 0{,}2 \sqrt{H}.$$

Beispiel. Der zu ventilierende Raum hat 120 cbm Inhalt; ein Kanal dicht unter der Decke dient zur Zuführung frischer Luft, und ein Kanal dicht am Fußboden führt direkt ins Freie. Wegen der kurzen Kanäle ist $v = 0{,}2 \sqrt{H}$, und für einen vertikalen Abstand der Ausströmungsöffnungen von 4 m ist $H = 4$, also

$$v = 0{,}2 \sqrt{4} = 0{,}4 \text{ m pro Sekunde.}$$

Da die Luftgeschwindigkeiten unter sonst gleichen Verhältnissen wachsen, wie die Quadratwurzeln aus den Temperaturdifferenzen, so hat man nur für 4°, 9°, 16°, 25° Temperaturdifferenz die Geschwindigkeit $v = 0{,}4$ m zu multiplizieren mit 2, 3, 4, 5.

Die Zeit, innerhalb welcher die Luft des Raumes gegen äußere Luft umgetauscht wird, sei bezeichnet mit z, dann ist nach Gleichung 2) § 43 $z = \frac{Q}{v\,.\,F}$, also im vorliegenden Beispiel $z = \frac{120}{0{,}4\,.\,F}$, F der Durchschnitt der Ventilationskanäle sei 0,12 qm, man hat daher

$$z = \frac{120}{0{,}4\,.\,0{,}12} = 2500 \text{ Sekunden} = 41 \text{ Min. } 40 \text{ Sek.}$$ bei 1° Temperaturdifferenz. Für 16° Temperaturdifferenz findet man:

$$z = \frac{2500}{4} = 625 \text{ Sek.} = 10 \text{ Minuten } 25 \text{ Sek.},$$

d. h. es kann die Luft des Raumes in der Stunde 6mal erneuert werden, wenn bei 20° Innentemperatur die äußere Luft + 4° C. hat. Die Ausströmungsöffnungen erhalten 30 und 40 cm Seitenabmessung. Als Druckhöhe H ist die vertikale Entfernung der Mittelpunkte beider Kanalöffnungen anzunehmen.

Der Luftwechsel kann jedoch dadurch erheblich beschleunigt werden, daß man die reine Luft von größerer Höhe (etwa vom Dach) herabführt und die verunreinigte Luft des Raumes bis zum Keller hinunterleitet; die theoretische Abzugsgeschwindigkeit wächst nämlich mit zunehmender Druckhöhe.

Anwendungen. Auf der Verschiedenheit der Lufttemperatur eines Raumes gegen diejenige der Atmosphäre

1) Sulla ventilatione naturale etc. pag. 17.

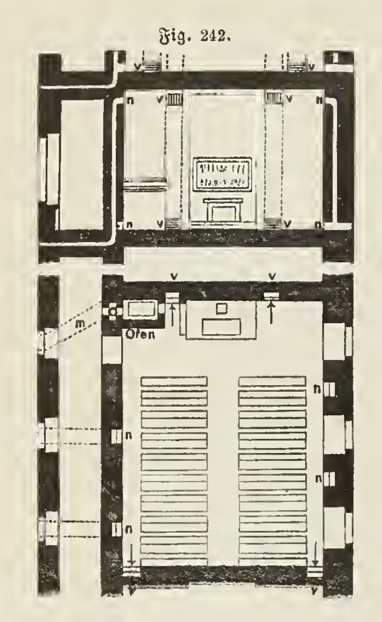
2) Morin beobachtete, daß bei den besseren Pulsionseinrichtungen in der Regel nur 30 Proz. der eingetriebenen frischen Luft am Bestimmungsorte ankamen. Etudes sur la Ventilation. I pag 369.

3) Diese Regel würde gültig sein für die gewöhnliche Luftheizung und für die kombinierten Heizsysteme (Dampfwasser- oder Dampfluftheizung). Man berechnet dann auf Grund der an die Luft abgegebenen Wärmemenge die mittlere Temperatur der Luft.

Wird die Luft durch Maschinen eingetrieben, so findet ein noch näher zu besprechender Modus der Berechnung statt.

beruht das von Prof. Dr. Böhm in Wien angewendete System der natürlichen Lüftung. Fig. 242 zeigt in Grundriß und Durchschnitt die Anordnung eines Schulsaales für 90 Knaben. Vier Kanäle v, v, welche sowohl am Fußboden als an der Decke Einströmungsöffnungen haben, dienen zur Abführung der verdorbenen Luft und sind zu diesem Zwecke bis über Dachhöhe hinausgeführt. Ist nun

Fig. 242.



die Luft im Schulzimmer wärmer als die äußere Luft, so strömt erstere durch die Kanäle v ins Freie, und in dem Maße, wie sie abströmt, wird reine Luft durch die Kanäle n, n, welche mit der äußeren Luft kommunizieren, eingeführt. Gewöhnlich sind die Öffnungen n am Fußboden geschlossen, damit die einströmende Luft nicht den davor Sitzenden lästig falle. Dagegen sind die Kanäle v, v stets unten geöffnet, damit die frische Luft den Raum von oben nach unten durchziehen kann, ehe sie entweicht.

Wenn der Winddruck auf der einen Umfassungsmauer steht, dann wird die frische Luft in die betreffenden Öffnungen dieser Wand eingetrieben, und die entgegengesetzten Kanäle wirken dann saugend, d. h. als Abströmungskanäle. Die Richtung und Stärke der Luftströmung wird durch in den Kanälen eingesetzte Anemometer, deren Zeiger innerhalb des zu lüftenden Raumes sichtbar sind, angezeigt; je nach der Richtung der Strömungen werden die Ventilationsklappen geöffnet oder geschlossen. Im Winter strömt die Zimmerluft, veranlaßt durch die starke Temperaturdifferenz, sehr schnell durch die Kanäle v, v ab, die frische Luft würde daher erheblichen Zug verursachen, wenn man sie durch die Kanäle n n eintreten lassen wollte. Zu diesem Zwecke ist der Kanal m vorhanden, der die frische Luft nach dem Mantelofen führt, aus dessen Zwischenraum sie erwärmt ins Zimmer tritt.

Anm. In allen derartigen Fällen muß man die Luftströmungen benutzen, wie sie sich, durch Lufttemperatur und Wind veranlaßt, gestalten: künstliche Ventilationsströme kann man bei dieser Methode nicht hervorrufen, aber man kann sie mildern resp. regulieren.

b) Apparate zur Benutzung der Saug- und Druckkraft des Windes.

Wie im eben besprochenen Falle durch Temperaturdifferenzen, so kann man auch durch die Benutzung des Windes Ventilation erzeugen, und zwar entweder von der saugenden oder der pressenden Kraft des Windes Gebrauch machen. Apparate, welche zu ersterem Zwecke benutzt werden, sind:

Der **Wolpert**'sche Rauch- und Luftsauger (§ 9, Fig. 16, 17) und ähnliche, auf dem gleichen Prinzip beruhende „Hüte“ oder „Deflektoren“ von viereckiger, achteckiger oder runder Form. Der zwischen Deckplatte und Saugkessel (Fig. 17) hindurchströmende Wind reißt Luft aus dem Saugkessel an sich, bewirkt also Luftverdünnung und daher Abzug der Ventilationsluft aus dem Rohre resp. dem damit kommunizierenden Wohnraume. Der Austritt der verbrauchten Luft aus dem Lokale findet in diesem Falle ebenfalls von unten statt, und wird zu diesem Zwecke der Kanal in allen Fällen bis zum Fußboden des Zimmers hinabgeführt. Es ist jedoch ratsam, auch oberhalb, d. h. nahe der Decke, eine Abzugsöffnung (für Sommerventilation) anzulegen. Taf. 28 zeigt ein Beispiel, wie die **saugende Kraft** von Luftströmen — unterstützt durch Deflektoren, welche auf dem First des Daches aufgesetzt sind — zur Abführung der Ventilationsluft aus dem Bodenraum des Hauses mit Vorteil benutzt werden kann.

Firstventilation. Bei den, nach dem Prinzip der Baracken angelegten Krankenpavillons bedient man sich im Sommer einer sehr wirksamen[1]), natürlichen Sauglüftung, der sog. Firstventilation. Zu dem Ende wird ein in der ganzen Länge des Daches hinlaufender Dachreiter durch seitliche Klappen nach außen abschließbar gemacht. Im Pavillon des Stadtkrankenhauses zu Dresden sind Gallerien in dieser Höhe entlang geführt, um von hier aus die Regulierung dieser Klappen zu bewirken, und bei der heizbaren Baracke in der Königl. Charité zu Berlin liegen zu diesem Zweck Laufbretter außerhalb auf dem Dache. Dadurch ist man im stande, unter gleichzeitigem Öffnen einiger oberen Fensterflügel die Lufterneuerung beliebig zu steigern, wobei in Betracht kommt, daß jeder schwache Wind eine absaugende Wirkung auf die Firstöffnung ausübt, weil er, von seiner Richtung abgelenkt, durch die gegenüberliegenden

1) Die Wirksamkeit der Dachreiter wird neuerdings vielfach bezweifelt. So hat Alexander Huber in Köln (vergl. Nr. 9 der Baugewerks-Zeitung vom 1. Februar 1893) nachgewiesen, daß erfahrungsmäßig in geschlossenen, mit Dachreitern versehenen Räumen an heißen, windstillen Tagen eine unerträgliche Hitze herrscht, während an kühlen, windigen Tagen die Insassen durch Zug belästigt werden.

Öffnungen der Laterne hindurchbläst und die obere Luftschicht mit sich fortführt.

Mit Beginn der Heizperiode wird die Firstventilation eingestellt und die Klappen des Dachreiters werden geschlossen.

Will man andrerseits die pressende Wirkung des Windes benutzen, so ist der obere Hut nach Fig. 21 dieses Werkes um eine vertikale Achse drehbar zu gestalten, damit er sich selbst mittelst einer Fahne in die Windrichtung einstellt, die Luftströme aufsaugt und diese abwärts leitet, um sie (nach einigem Verlust an lebendiger Kraft) an geeigneter Stelle in den Raum eintreten zu lassen Leider ist der Wind kein konstanter Motor, so daß man nur in bestimmten Fällen die Lüftung ausschließlich von ihm abhängig machen kann: aber er kann fast immer zur Unterstützung dienen, wo Lüftung durch Temperaturdifferenz eingeführt ist, weil nur an wenigen Tagen des Jahres effektive Windstille herrscht, und selbst in unseren Breiten gewisse vorherrschende Windrichtungen und Windstärken mit großer Regelmäßigkeit auftreten, wie nachstehende Beobachtungen des statistischen Bureaus in Berlin aus den Jahren 1877/78 ergeben.

Zeit	Winter			Frühjahr			Sommer			Herbst			Vorherrschende Windrichtung
	Stärke des Windes												
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.	3.	
Vom 1. Dezbr. 76 bis 30. Novbr. 77	87	15	2	59	15	1	56	28	2	112	23	1	Süd
	30	10	0	43	7	0	25	34	9	30	13	5	Süd-West
Vom 1. Dezbr. 77 bis 30. Novbr. 78	85	14	2	63	9	1	69	11	0	97	36	0	Süd
	31	11	4	23	21	2	38	15	1	28	1	0	Süd-West
Im Jahre 1878 überhaupt haben geweht	213	50	7	191	77	8	213	62	1	216	56	1	

Anm. Bedenkt man, daß nach dieser Skala Wind erster Stärke eine Geschwindigkeit von 0,5—2,5 m hat und absolute Windstille fast nie beobachtet ist, so dürfte das nie ruhende Spiel der Luft doch eine größere Bedeutung für die natürliche Ventilation beanspruchen, als ihm von Technikern bisher zugeschrieben worden ist.

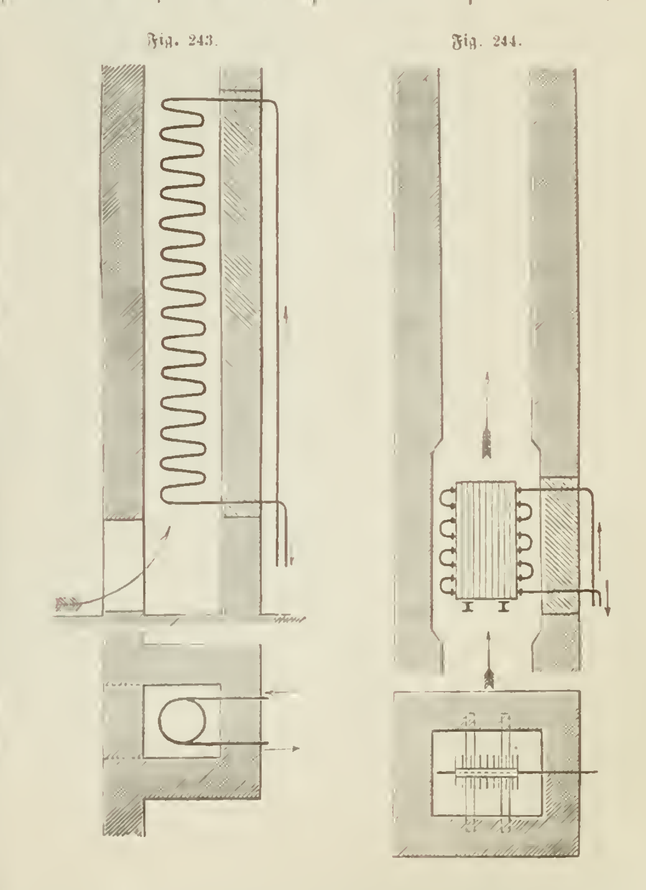
C. Künstliche Ventilation.

§ 72.

Ventilation durch die Wärme.

Bei diesem System findet der Abzug der auszutreibenden Luft durch die saugende Wirkung eines Ventilationsschlotes (cheminée d'appel) statt. — In diesem Schlote wird die verdorbene Luft künstlich erwärmt und dadurch eine starke Temperaturunterschied geschaffen, welcher die Luftbewegung mehr fördert, als es bei natürlichem Luftaustausch geschehen kann. Um dies mit möglichst geringen Kosten zu bewerkstelligen, sucht man im Winter die anderweitig nicht nutzbare Wärme der Verbrennungsprodukte zu sammeln und zur Erwärmung des Saugeschachtes zu verwenden, so die Wärme des abgehenden Rauches von Öfen, Kaloriféren, Kesseln. Man läßt dann gewöhnlich den Rauch durch ein in der Mitte des Schlotes aufsteigendes Metallrohr (wie Taf. 45 zeigt) entweichen; dieses giebt erhitzt seine Wärme an die Luft im Luftschacht ab und wirkt dadurch luftverdünnend, also saugend. Das Rauchrohr wird gewöhnlich höher geführt als die Mündung des Aspirationsschornsteins, und beide Rohre werden mit Deflektoren versehen, damit abwärts gerichtete Windstöße

Fig. 243. Fig. 244.

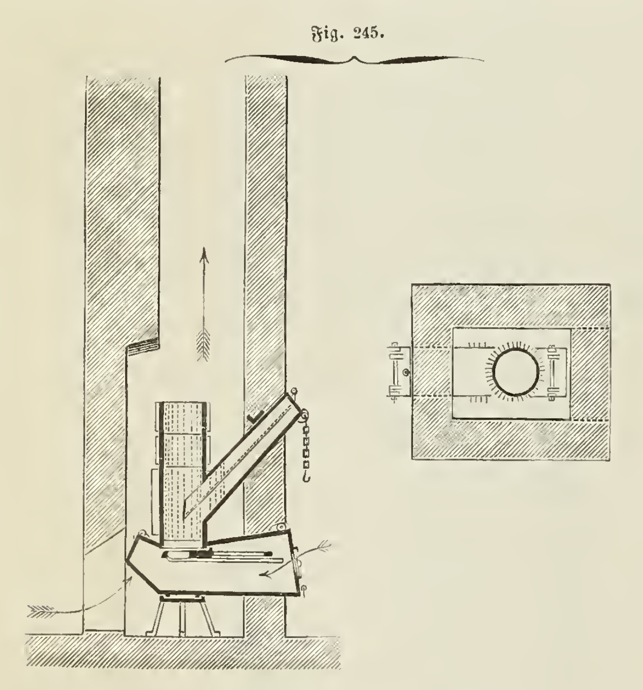


die verdorbene Luft und den Rauch nicht zurücktreiben können. Wo letzteres nicht angänglich, können zur Erwärmung des Schlotes auch indirekte Wärmequellen dienen, so Dampf-

oder Wasserheizröhren mit hohem und niederem Druck, Rippenregister, welche mit Wasser oder Dampf erwärmt werden u. dgl. m. Fig. 243 stellt eine zu diesem Zweck dienende Heißwasser-Spirale dar; die verdorbene Luft tritt in der Richtung des Pfeiles ein. — Fig. 244 stellt ein durch Dampf erwärmtes Rippenregister, wie solche in Ventilationsschloten Aufstellung finden, dar.

Wenn endlich im Sommer jede Heizung ruht, kann für Tage gänzlicher Windstille der Luftaustausch durch Aufstellung eines Coaksschütt-Ofens im Heizraum gesorgt werden (Fig. 245); das 6—8 Stunden vorhaltende Feuer

Fig. 245.



desselben genügt dann, um die Verdünnung der Luft im Mantel des Aspirationsschornsteins zu bewirken. Derselbe Effekt kann erreicht werden durch Gasflammen, welche konstant in der Abzugsleitung brennen. Man benutzt dazu meistens **Bunsen'sche** Brenner.

Ähnlich wie der Schüttofen wirken offene Heizkamine. Bei träger Luftbewegung und an nebligen Tagen bewirken dieselben eine sehr energische Ventilation und bieten im Herbst und Frühjahr die große Annehmlichkeit der strahlenden Wärme. Besondere **Lockfeuer**, wie wir dieselben in § 47 kennen lernten und welche für einzelne Tagesstunden in Brand gehalten werden, gehören endlich ebenfalls unter die Zug erzeugenden Mittel.

Verschiedene Arten des Luftabzuges. Die zur Erwärmung des Lüftungsschlotes benutzte Wärmequelle kann sich nun entweder über, im Niveau oder unter den Luftabzugsmündungen des zu lüftenden Raumes befinden, und danach unterscheidet man drei Arten des Luftabzuges.

1) Liegt die Wärmequelle im höchsten Teile des Gebäudes, steigen die Abzugskanäle vertikal bis zum horizontalen Sammelkanal empor, der sie in den Lüftungsschlot einführt, und befindet sich auf dieser Höhe die Wärmequelle (sei es nun ein Lockfeuer, Register oder Flammenkranz), so sagt man: der Abzug geschieht „von oben".

2) Wird die abziehende Luft im Niveau des Lokales durch irgendwelche Wärmequelle erhitzt und dann horizontal nach dem Lüftungsschlote gezogen oder ins Freie geleitet, so nennt man dies „Abzug à niveau".

3) Gehen endlich die Kanäle von den Mündungen vertikal nach unten und münden dort am Fuße (Grunde) des Lüftungsschlotes ein, der durch eins der genannten Mittel erwärmt wird, so sagt man: der Abzug geschieht „von unten".

Resumé. Vergleicht man diese drei Absaugemethoden, so ergiebt sich schon durch bloße Betrachtung der Formel I des § 43, daß bei Abzug von unten die Druckhöhe H viel bedeutender wird als bei Abzug von oben, obwohl auch die Reibungswiderstände größer werden und der Weg ein längerer ist. Auch sonst liegen die Vorteile auf Seite des Abzugs von unten, weil dadurch in allen Teilen des Gebäudes eine gleichmäßigere Lüftung erreicht wird. Auch ist die Anlage von Luftleitungen leichter in den dicken Mauern der unteren Geschosse zu bewirken, als in den schwachen Mauern der Obergeschosse. Bei der Absaugung von unten kann endlich die Erwärmung der verbrauchten Luft vielfach durch direktes Feuer stattfinden (und dazu alle etwa überschüssige Wärme benutzt werden), was bei Abzug von oben schon der Feuersgefahr wegen nicht statthaft ist. Im letztern Falle kann man die Luft in der Regel nur durch Wasser- oder Dampfrohre erhitzen, d. h. auf Kosten der Wärmeproduktion des Systems. Jedenfalls ist daher die letztere Methode kostspieliger in der Anlage und teurer in der Bedienung.

Nur da, wo Lokale durch eine große Menge Gasflammen erleuchtet werden, muß man den Abzug von oben jedem anderen vorziehen, weil es nicht angänglich ist, die durch Flammen verunreinigte und stark erhitzte Luft nach unten, d. h. in die Atmungssphäre der Menschen hinabzuführen. In diesem Falle ist der Motor der Ventilation bereits in der durch die Gasflammen erzeugten Wärmemenge gegeben.

Absaugende Wirkung der Gasflammen.

Bei kleineren Lüftungsanlagen erreicht man einen nennenswerten Effekt schon durch einige Gasflammen (Bunsen'sche Brenner), welche konstant in der Abzugsleitung oder dem Lüftungsschlot brennen. So kann man Räume, welche nur zeitweise und dann nicht von zu vielen Men-

schen benutzt werden, während des Sommers durch ein bis zwei Flammen, welche im Ventilationsrohr brennen, ausreichend und ohne erhebliche Kosten lüften. Soll z. B. in einem Raume für 15 Personen und zu 20 cbm stündl. Luftbedarf die Luft erneuert werden, so sind stündlich 300 cbm Luft abzuführen. Da jedes Liter Leuchtgas bei der Verbrennung etwa 68 Wärme-Einheiten erzeugt, so kommen auf 1 cbm Leuchtgas 6800 Wärme-Einheiten.

Soll nun 1 cbm Luft in der Temperatur um 10° erhöht werden, so sind — wenn von der durch die 15 Personen erzeugten Wärme abgesehen wird — nötig:

$$1{,}252 \times 0{,}237 \times 10 = 2{,}96 \text{ W.-Einh.}$$

In der Regel genügt eine Temperaturerhöhung der Luft des Aspirationsschachtes um 10° C. vollständig zur Absaugung der Zimmerluft. Zur Erwärmung der 300 cbm Luft von 10° sind erforderlich:

$$\frac{300 \cdot 2{,}96}{6800} = 0{,}130 \text{ cbm Gas,}$$

welches der stündliche Gaskonsum eines Bunsen'schen Brenners mit 20—30 Löchern ist.

Beleuchtung öffentlicher Lokale. In den meisten öffentlichen Lokalen wird diese für die Lüftung häufig mehr als genügende Wärmequelle leider ganz vernachlässigt. Die in großer Anzahl vorhandenen Gasflammen erhöhen hier nicht nur die Temperatur in unerträglicher Weise, sondern verbreiten auch infolge der immer etwas unvollkommenen Verbrennung einen unangenehmen Geruch. Wenn man nun dafür sorgt, daß diese Verbrennungsprodukte, ehe sie sich mit der Zimmerluft mischen, durch besondere Kanäle abgeführt werden, so mäßigt man die Temperatur des Lokales und hat den Vorteil, die lästige und schädliche Wärme zur Absaugung der verdorbenen Zimmerluft benutzen zu können.

Ein solcher Lüftungs- und Beleuchtungsapparat ist der sogenannte Sonnenbrenner (Fig. 246). Das Gas-

Fig. 246.



rohr a mündet am unteren Ende in einen Ring b, welcher die einzelnen Gasbrenner aufnimmt. Sämtliche Verbrennungsprodukte werden durch einen inneren Trichter c aus Metall mit anschließender Abführungsröhre aufgenommen, und äußerlich wird dieser von einem zweiten dekorativen Trichter d umschlossen, der die Aufgabe hat, ihn von dem Holzwerk zu isolieren. Der verbleibende Luftraum wird bald eine hohe Temperatur annehmen, und es wird eine Luftverdünnung in dem weiteren Kanale vor sich gehen, wodurch die verdorbene Luft aus dem zu lüftenden Raume abgesaugt wird. Die Hitze im Luftkanal ist indessen so stark, daß ein Holzfußboden über demselben nicht anzubringen ist. Es empfiehlt sich daher an dieser Stelle ein massiver Plattenbeleg. Gewöhnlich befindet sich über Versammlungssälen nur der Dachboden, so daß hier die Anbringung der Kanäle keine Schwierigkeiten macht. Ein Nachteil der Sonnenbrenner ist hier hervorzuheben; er besteht in dem starken Gaskonsum, welcher durch die große Entfernung der Lichtquelle, die hier dicht an der Decke sitzt, veranlaßt wird.

Anm. Die saugende Wirkung des Sonnenbrenners läßt sich ohne Schwierigkeit bestimmen. Man kann mit 1 cbm Gas 600 cbm Luft absaugen; wenn daher der in Betracht gezogene Saal 1000 cbm enthält und diese stündlich dreimal erneuert werden sollen, dann sind $\frac{3000}{600} = 5$ cbm Gas per Stunde erforderlich. Der stündliche Gasverbrauch einer Normalgasflamme ist 0,15 cbm; es sind daher 33 Argandflammen nötig, welche stündlich einen Kostenaufwand von 5 × 16 Pf. = 80 Pfennig verursachen. Wie viel angenehmer und gesünder kann man mit verhältnismäßig geringen Kosten den Aufenthalt in Bierhäusern, Cafés u. dgl. Räumen machen!

Welche ungeheure Wirkungen durch die Wärme der Gasflammen erzeugt werden können, wurde in der Großen Oper zu Paris festgestellt. Hier entweichen durch die Lüfteröffnung allein stündlich 100 000 cbm Luft, wovon 95 Proz. von der Bühne und nur 5 Proz. aus dem Zuschauerraum zuströmten, weil für zweckmäßige Zuführung von Luft nicht gesorgt war. Morin schlug zur Abhülfe dieser Übelstände vor, die Decke ganz zu schließen, sie durchsichtig zu machen und die Beleuchtung oberhalb anzubringen, um die Verunreinigung der Luft durch Kohlensäure zu beheben; diese Grundsätze wurden bei Einrichtung der Ventilationsanlagen im Theater Lyrique zu Paris von ihm zur Anwendung gebracht. Die verdorbene Luft wird hier an der Stelle, wo sie erzeugt wird abgeführt, nämlich in der Nähe der Logen und des Parketts durch besondere, vergitterte, seitlich angebrachte Öffnungen an der Logen-Rückwand. Zur Einführung frischer Luft dienen die Deckengesimse, so daß eine Luftbewegung von oben nach unten stattfindet.

Aber die Erfahrung lehrte, daß die Beleuchtung für ein Theater ungenügend war, denn durch die Glasdecke ging zu viel Licht verloren und nahe derselben — in den obersten Logenreihen — war die Hitze unerträglich. Die wenigen, in der Glasdecke angebrachten Abzugsöffnungen waren nicht wirksam genug. Besser hat sich diese Einrichtung in Versammlungssälen bewährt, welche die reine amphitheatralische Form haben und wo die Logen sich hinreichend entfernt von dem Glasplafond befinden, so im provisorischen Reichstagsgebäude zu Berlin. (Taf. 49.) Vergl. „Anwendungen“.

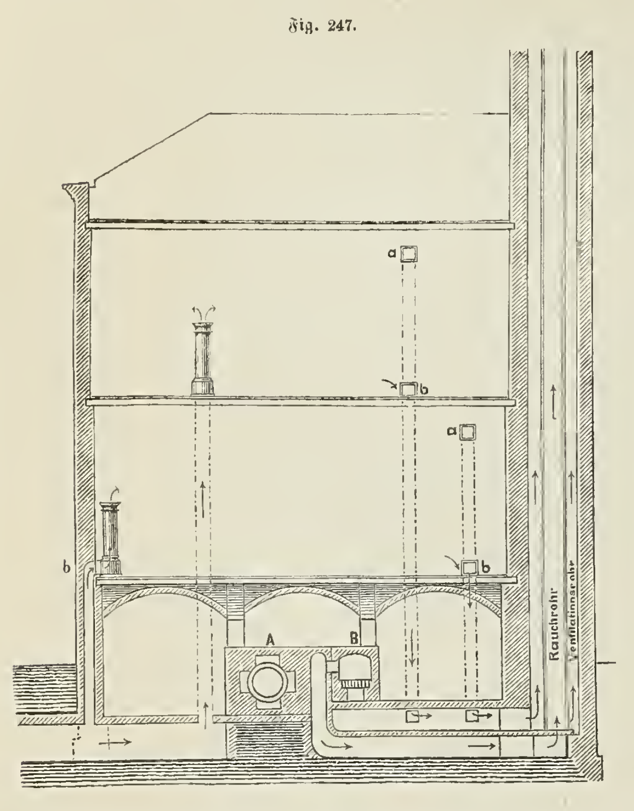
Auch der große Hörsaal des physiologischen Instituts zu Berlin, im Durchschnitt dargestellt auf Taf. 45, hat Beleuchtung von oben und Abzug von unten.

§ 73.

Nach Erörterung der Methoden, welche bei der Lüftung durch die Wirkung der Wärme zur Anwendung kommen können, ist noch die Gesamtübersicht einer

derartigen Anlage hier vorzuführen. Als geeignetes Beispiel geben wir das in Fig. 247 dargestellte System der Lüftung einer Berliner Schule, bei welcher die Erwärmung der Klassenzimmer durch Niederdruckwasserheizung stattfindet. Der Abzug geschieht „von unten".

Fig. 247.



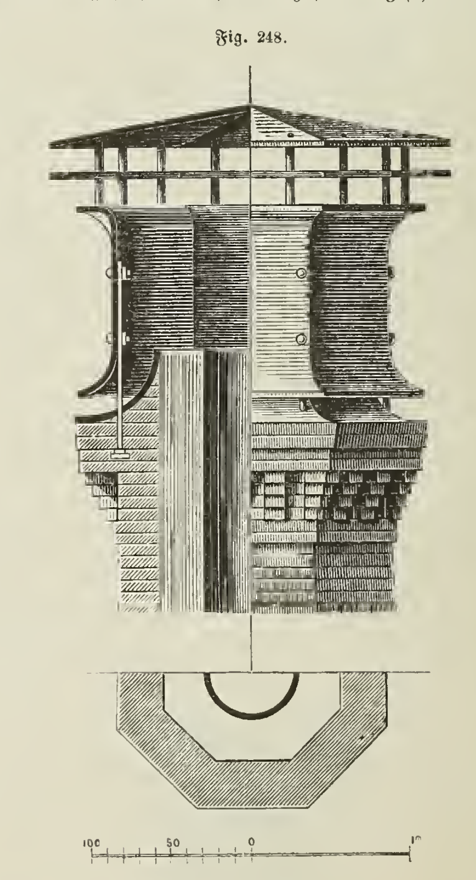
Im Winter wird die frische Luft aus dem unter der Kellersohle links eintretenden „Kanal für frische Luft" angesaugt und strömt erwärmt in die Räume ein. Die Absaugung der verbrauchten Luft erfolgt dann durch die am Fußboden befindlichen Öffnungen b, b abwärts in der Richtung der Pfeile und, nachdem der horizontale Kanal passiert worden ist, direkt in den vertikalen Entlüftungsschacht, in dessen Mitte das eiserne Rauchrohr aufsteigt. Dieses nimmt die Verbrennungsprodukte der Kesselfeuerung A auf, verdünnt dadurch die abzusaugende Luft und zwingt dieselbe zum Aufsteigen.

Im Sommer wird die Lüftung durch ein Lockfeuer bei B bewerkstelligt. Von dem Rost desselben ziehen die Verbrennungsprodukte links abwärts in den Fuchs der Kesselfeuerung und in das eiserne Rauchrohr, wobei der Effekt derselbe bleibt, wie im ersten Falle, nur mit dem Unterschiede: daß die verdorbene Luft der Zimmer nicht unterhalb bei b, sondern durch die Öffnungen a, a abgesaugt wird. Damit aber nicht beide Verschlußklappen gleichzeitig offen sein können, ist die Vorrichtung so getroffen, daß die obere Klappe sich schließt, wenn die untere geöffnet wird und umgekehrt. Die frische Luft tritt im Sommer auf demselben Wege wie vorher — nämlich durch die nicht erwärmten Öfen — in die Klassenzimmer ein. Im Untersatz der Öfen sind Klappen angebracht, durch welche die Zuströmung frischer Luft geregelt oder ganz abgestellt werden kann. Diese Cirkulationsheizung tritt nur vor Beginn des Unterrichts ein, und erst dann, wenn die Klassen gefüllt sind, ist die Zuführung frischer Luft nötig.

In Fig. 247 ist der Aspirationsschacht nicht vollständig gezeichnet. Deutlicher ersehen wir die Gesamtanordnung aus Taf. 47, Längenschnitt. In drei Grundrissen und zwei Durchschnitten ist hier einer der Pavillons des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin dargestellt. Der Lüftungsschlot liegt am hinteren Ende des Krankensaales. Für die einstöckigen Pavillons beträgt der Schlotquerschnitt 1,12 qm; das eiserne Rauchrohr hat 0,60 m Durchmesser. **Der Abzug der verdorbenen Luft erfolgt von unten.**

Fig. 248 zeigt die Ausmündung des Lüftungsschlotes mit seinem aus gußeisernen Platten zusammengeschraubten Aufsatz,

Fig. 248.



welcher sich auf Stehbolzen über der in Form eines Viertelkreises gestalteten Grundplatte erhebt. Die Wirkung desselben ist eine über Erwarten günstige[1]) und die Ventilation eine so kräftige, daß zur Verminderung resp. Regulierung der abströmenden Luftmengen die Anbringung einer Drosselklappe vor der Schlotöffnung notwendig

1) Vergl. den Bericht über die im Februar und März 1870 veranstalteten Heiz- und Ventilationsproben im Berliner Kommunalblatt, Beilage XVII zu Nr. 28 vom Jahre 1870.

wurde; die Stellung dieser Klappe erfolgt vom Saale aus. Zu dem Zwecke ist im Schlot ein einfacher Indikator (Fig. 257 auf S. 209) angebracht, dessen im Saale sichtbarer Zeiger den Grad der Luftgeschwindigkeit angiebt und so den Anhalt für das Öffnen oder Schließen der Drosselklappe bietet. In der Periode, wo die Heizung ruht, wird an windstillen Tagen der im Heizraum angebrachte Schüttofen 6—8 Stunden geheizt und dadurch regelrechte Lufterneuerung bewirkt.

Während der untere Krankensaal der zweigeschossigen Pavillons von unten durch 16 Abströmungsöffnungen in den Langwänden entlüftet wird, muß im oberen Saale die Absaugung der verdorbenen Luft von der Mitte des Saales aus geschehen, und zwar au niveau. — Zu diesem Zwecke ist ein aus Holz und Blechtafeln konstruierter, säulenartiger Schlot aufgestellt, in welchen die schlechte Luft über dem Fußboden eintritt, um von hier aus in einem, innen mit Zink bekleideten Kanal von 0,75 qm Querschnitt über dem Dachboden hin nach dem Aspirationsschornstein geleitet zu werden. In dem unteren Teil des Schlotes, dicht über den Gitteröffnungen ist ein mit Lochbrennern versehenes Gasrohr schräg aufsteigend angebracht, und dadurch wird die saugende Wirkung im Schachte gesteigert. Ein Indikator zeigt die Stärke der im Schlot vorhandenen Luftbewegung jeder Zeit an. Wenn dann im Sommer alle sonstigen Wärmequellen unbenutzt bleiben sollen (einschließlich des Coaksschüttofens), so genügt ein Aufwand von höchstens 1 cbm Gas, um die Luft des Saales stündlich einmal zu erneuern. Sobald die äußere Luft jedoch + 8° und die innere Luft 19° hat, fällt die besondere Erwärmung des Schlotes als unnötig fort. Dasselbe wird eintreten, wenn im Sommer die Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen sehr gering ausfällt und die Klappen der Firstventilation geöffnet werden können.

Ein Beispiel für den Abzug von oben ist bereits in Fig. 241 gegeben worden (Sitzungssaal des Hauses der Abgeordneten zu Berlin), andere Beispiele bieten die verschiedenen neuen Theater und Versammlungssäle, welche in den „Anwendungen" eingehend besprochen werden.

In dem schon oben, S. 194 erwähnten Krankenhause des neuen Strafgefängnisses in Plötzensee bei Berlin ist neben den älteren, bekannten Systemen auch die Scharrath'sche Porenventilation versuchsweise für zwei Säle zur Anwendung gekommen. Da für dieses Gebäude vorzugsweise genaue Messungen über den Effekt der Ventilation stattgefunden haben, sind wir in der Lage, darüber nachstehende Mitteilungen machen zu können[1]):

a) Anlage der Luftzuführungen. Nach den beiden Sälen im Erdgeschoß (Mittelbau), welche mit Porenventilation versehen sind, wurden zwei Kanäle von zusammen 0,189 qm Querschnitt von den Heizkammern bis auf 2,0 m Höhe direkt aufwärts und dann in den Scheidewänden unter Beibehaltung derselben Querschnittsfläche horizontal entlang geführt. Von diesen horizontalen Kanälen führen vertikal abwärts Zweigkanäle mit quadratischem Querschnitt nach größeren Maueröffnungen an den Scheidewänden von je 85 cm Breite und 125 cm Höhe, welche an ihrer zimmerseitigen Begrenzung die sogenannten Porenfelder bilden und unmittelbar über dem Fußboden beginnen. Die Konstruktion der Porenfelder wurde bereits besprochen; die Zuleitung der Luft kann für jedes Porenfeld besonders geregelt werden.

b) Die Luftabführung erfolgt durch den ca. 2,5 cm breiten Schlitz eines an der Decke befestigten hölzernen Kastens, welcher die verdorbene Luft den gemauerten Abzugsschloten zuführt. Die Breite des Schlitzes kann durch Schrauben reguliert werden. Die Abzugskanäle vereinigen sich im Dachboden in Zinkröhren, welche in gemauerte Kanäle übergeführt und nur durch eine Blechwand von den benachbarten Rauchröhren getrennt sind; mit diesen münden sie über das Dach aus.

Bei den vor den Porenfeldern angestellten anemometrischen Messungen und Temperaturbeobachtungen ergab sich:

1) daß die aus den Zweigkanälen der Porenfelder ausströmende Luft durchweg geringere Temperatur hatte als in den übrigen mit Drucklüftung (System „van Hecke") versehenen Krankenräumen, welche letztere fast konstant 20 bis 22° C. zeigten;

2) bei Benutzung derselben Ventilatoren, welche auch den übrigen Räumen Luft zuführen, stellte sich eine geringerer Effekt[1]) als dort heraus, obwohl bei der Anlage genau nach den Ideen Scharrath's verfahren wurde;

3) die Ausströmung der Luft fand vorzugsweise nur im oberen Teile der Porengewebe statt, und wegen ihrer geringeren Geschwindigkeit stieg dieselbe schon in kurzer Entfernung vom Porenfelde zur Decke, wo sie sich erst nach erfolgter Abkühlung zu Boden senkte;

4) die Anlage- und Betriebskosten berechnen sich bei der Porenventilation wegen der notwendig werdenden stärkeren Wände, der vielen Porenfelder und der stärkeren Triebkraft teurer als bei der Luftheizung mit einzelnen Öffnungen;

5) die gewöhnliche Drucklüftung bietet daher bei erheblich billigeren Anlagekosten alle die Vorzüge dar, welche von dem Erfinder der Porenventilation in Aussicht gestellt wurden.

§ 74.

Künstliche Lüftung durch Maschinen.

Von dieser Methode der Lüftung wird gewöhnlich nur bei größeren öffentlichen und Privatgebäuden, insbesondere für Theater, Versammlungssäle, Spitäler, Gefängnisse und für Fabriken, in denen Dämpfe und Ausdünstungen sich entwickeln, welche eine schnelle Beseitigung erfordern, Gebrauch gemacht.

1) Wir benutzen dabei die durch das Königl. Preußische Justizministerium bei Gelegenheit der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege ꝛc. ꝛc. in Brüssel herausgegebenen „Erläuterungen". Berlin 1876. (R. v. Decker.)

1) Die Widerstände der Luft werden durch das Gewebe der Porenfelder bei größerer Geschwindigkeit in hohem Grade verstärkt. Bei einer Vermehrung der Tourenzahl der Maschine zum Betrieb des Regulators um 17 Proz. wurde nur eine Effektsteigerung von 6 Proz. erreicht. Ein zweites Hindernis des unvollkommenen Effektes ist die starke Reibung in den verzweigten Kanälen.

Auch in diesem Falle vereinigt man die Abzugsleitungen in einem allgemeinen Abzugsschlote, an dessen Mündung etwa ein Saugventilator ansetzt, der durch Wasser- oder Dampfkraft bewegt wird. Die Wirkung desselben läßt sich nebenher durch Temperaturdifferenz oder die Kraft des Windes (Deflektoren) verstärken, und an Tagen, wo die letzteren beiden Mittel allein genügen, kann der Saugventilator ganz außer Betrieb bleiben.

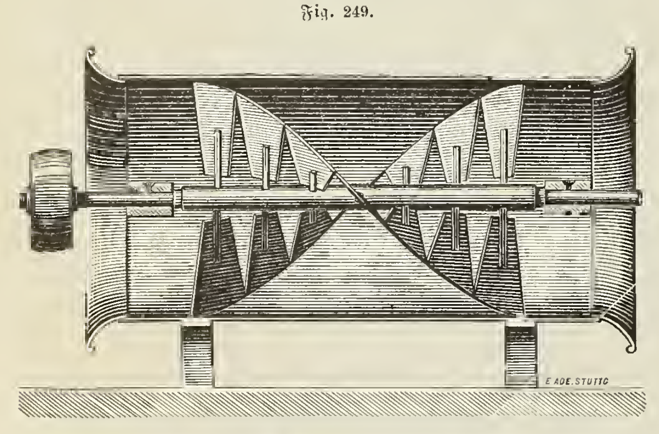
In den meisten Fällen wird aber die äußere Luft durch einen der nachstehend beschriebenen Ventilatoren angesaugt und unter gehörigem Druck in die betreffenden Heizkammern getrieben, um von hier in eine Mischkammer oder direkt in die Luftleitungskanäle zu gelangen.

Ihrer Konstruktion nach zerfallen die Ventilatoren in Schraubenventilatoren und Schaufel- oder Centrifugalventilatoren; die letzteren sind entweder mit krummen Schaufeln oder mit ebenen Flügeln versehen.

A. Schraubenventilatoren.

Die erste Anwendung der pneumatischen Schraube zur Lüftung der Bergwerke rührt von dem belgischen Ingenieur Motte (1840) her. Er brachte seinen Apparat in einem vertikalen cylindrischen Schlot an, welcher unterhalb mit den Luftabführungsschächten und oberhalb mit der freien Luft in Verbindung stand; die Achse der Schraube befand

Fig. 249.



sich in der Achse des Schlotes. Der Effekt wurde nicht unwesentlich vermindert durch das gleichzeitige Entstehen zweier entgegengesetzter Luftströme, von denen der eine in der Nähe der Triebachse, der andere dicht an der Umschließungswand sich entwickelt. — Einen konstruktiven Fortschritt bezeichnet: der Schraubenventilator von Guérin (Fig. 249) mit 14 trapezförmigen, in zwei Spirallinien um die Achse verteilten Schaufeln, welche unter einem Winkel von 38° gegen die Rotationsebene und tangential zur Schraubenfläche gestellt sind, die sich durch ihre Stiele legen läßt.

General Morin hat mit dem Guérin'schen Schraubenrade eine größere Anzahl von Versuchen im Konservatorium der Künste und Handwerke angestellt und die betreffenden Resultate in den Annales du Conservatoire (Tome II) veröffentlicht. Der zum Experimentieren gewählte Ventilator hatte 0,48 m Diameter und 0,70 m Länge; der cylindrische Mantel war 0,50 m weit. Multipliziert man die Projektion des Guérin'schen Schraubenrades mit der Länge in der Richtung der Achse, so erhält man das Volumen 0,0777 cbm pro Umdrehung, und dividiert man damit in die beobachtete Windmenge, so erhält man beim Saugen eine ziemlich konstante Verhältniszahl für alle Geschwindigkeiten, nämlich im Mittel 0,572.

Die Nutzleistung ist zu berechnen nach der der Luft mitgeteilten lebendigen Kraft.

Ist Q die Windmenge,
F der Querschnitt des Rohres,
c die Geschwindigkeit des Luftstromes,
γ = 1,3 kg das Gewicht von 1 cbm Luft,
so wird diese Nutzleistung ausgedrückt werden durch:

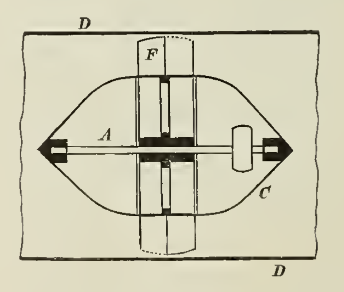
$$\frac{1}{2} \cdot \frac{Q\gamma}{g} c^2 = \frac{1}{2} \frac{F \cdot \gamma}{g} \cdot c^3 \text{ Meter Kilogr.} \quad \ldots \quad 2.)$$

Morin fand im Mittel als besten Wirkungsgrad
für den saugenden Schraubenventilator . . 0,0840,
" " blasenden " . . 0,0393,
welche Resultate sehr gering sind.

Für den blasenden Ventilator, welcher nur 0,607 soviel Wind giebt als der saugende, wird man auch nur 0,607 × 0,572 = 0,337 von der durch obige Formel berechneten Windmenge erhalten.

Da die Geschwindigkeit der Flügel des Ventilators in Nähe der Drehachse erheblich geringer ist, als in größerer Entfernung von derselben, so hat man mit Erfolg die Konstruktion Fig. 250 gewählt.

Fig. 250.



Hierbei sitzen die kurzen Flügel F auf der Peripherie einer im Durchschnitt sichtbaren Trommel, die mit Hülfe von Armen an der Welle A befestigt ist. Der Umdrehungskörper oder Trommel ist derart geformt, daß er die Luft allmählich den Flügeln F zuführt, wodurch Luftstauungen und demnach Kraftverluste vermieden werden. Der Mantel D schließt sich an die Flügel möglichst dicht an.

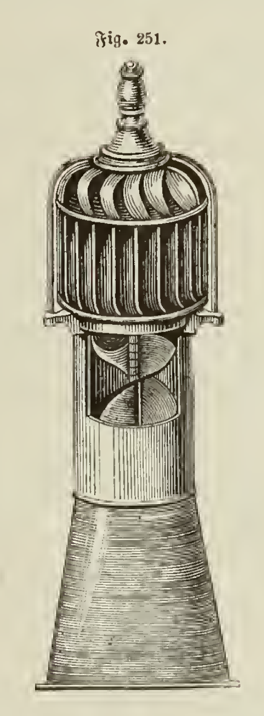
Der Ventilator von Heger in Wien[1]) (angewendet zur Pulsionsventilation des neuen Opernhauses und durch eine Maschine von 12 Pferdekräften betrieben, welche stünd-

1) Mitgeteilt in Paul, Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. 1. Aufl. Wien 1885 und dargestellt in Fig. 63 und 64.

lich 40—120000 cbm frische Luft liefert), auch derjenige von Genest und Herscher — letzterer 1878 zur Ventilation des großen Trocaderosaales in Paris benutzt — liefern günstigere Resultate. Bei Besprechung der erstgenannten Gebäudeanlagen kommen wir darauf zurück.

Automatischer Ventilator mit archimedischer Schraube von **James Howorth** (Fig. 251). Diese, auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitslehre und Krankenpflege zu Brüssel prämiierten Ventilatoren bestehen aus unoxydierbarem, galvanisiertem Eisen mit Firnißüberzug, funktionieren geräuschlos auch mit großer Regelmäßigkeit und werden als Aufsätze für Ventilationsschlote über runder, viereckiger oder oblonger Basis, aber auch in Laternenform (für tramways und Eisenbahnwagen) konstruiert und kommen in 18 verschiedenen Dimensionen von 0,15—1,22 m Durchmesser in den Handel.

Fig. 251.



Die integrierenden Teile dieses Apparates sind:

a) Die obere rotierende Kappe, welche mit gebogenen Schaufeln versehen ist und durch den leisesten Windstrom in drehende Bewegung versetzt wird. Durch die Öffnungen zwischen den Schaufeln findet bei jeder Rotation ein Ausströmen der verdorbenen Luft im Ventilationsschlote statt.

b) Die archimedische Schraube, mit der Kappe durch eine Spindel verbunden, bewirkt bei der Drehung einen starken, ununterbrochenen, nach oben gehenden Luftstrom, verhindert das Eindringen kalter Luft und macht eine nach unten gehende Luftbewegung unmöglich.

c) Die innerhalb angebrachte Schmiervorrichtung bewirkt einen vollkommenen geräuschlosen Gang derselben.

B. Centrifugalventilatoren.

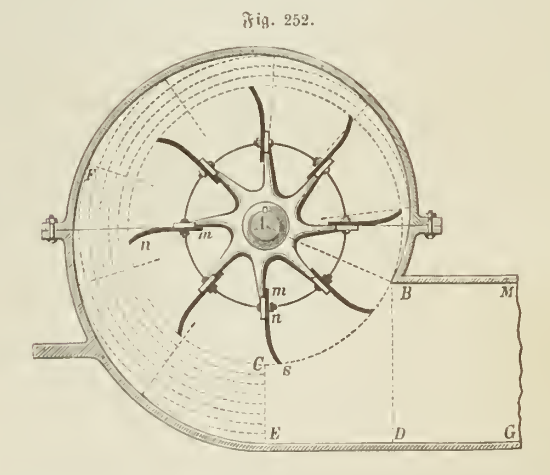
Das System der Schaufelventilatoren — als dessen Begründer der französische Gelehrte Désagulier gilt, welcher der Royal Society in London um 1734 ein Centrifugalwindrad eigener Konstruktion vorführte und dasselbe 1734 zur Aspiration des Hauses der Gemeinen in Anwendung brachte — hatte bis zum Jahre 1838 keine wesentlichen Verbesserungen erfahren. Erst Combes, dem Chef-Ingenieur der französischen Bergwerke, verdanken wir eingehende Studien über diesen Gegenstand, welche ihn in den Stand setzten, die Theorie dieser Apparate wesentlich zu verbessern. Andere, zahlreiche Versuche rühren von E. Dollfus her und sind publiziert durch die industrielle Gesellschaft zu Mühlhausen in deren Bulletin XVII, S. 1.

Verhältnisse für die Konstruktion der Centrifugalventilatoren.

Bei den älteren Centrifugalgebläsen, deren lästiges, weit hörbares Geräusch ihre Anwendung vielfach unmöglich machte, war die Basis des Gehäuses kreisrund und konzentrisch zur Umdrehungsachse. Man erkannte aber bald, daß es vorteilhafter sei, dem Tambour die Form eines abgewickelten Kreises zu geben.

1) Die Excentricität des Gehäuses CE soll mit der Peripheriegeschwindigkeit der Flügel zunehmen und, bei Geschwindigkeiten von 700—1000 Touren pro Minute, bis $^{2}/_{3}$ von dem Radius R des Schaufelrades betragen. Zur Beschreibung der Abwickelungskurve, Fig. 252, teile man CE und den Bogen BFC des Radumfanges in

Fig. 252.



dieselbe Anzahl Teile, schlage durch die Teilpunkte der Strecke CE konzentrische Kreise aus der Achse A, und die aufeinander folgenden Schnittpunkte der korrespondierenden Kreise mit den zugehörigen Radien sind Punkte der Abwickelungskurve, deren tangentiale Fortsetzung die Basis des Windrohres bildet, dessen Breite gleich der Gehäuseweite zu machen ist. Die Höhe dieser Öffnung BD soll genommen werden $= {}^{3}/_{5}\ r + CE$.

2) Den Radius R des Schaufelrades findet man nach Boilean[1]) aus der Anzahl der Umdrehungen pro Minute und dem

1) Dictionnaire des arts etc. par Laboulaie. 4e édition.

Volum Q (in cbm), welches pro Sekunde aspiriert werden soll, mittels der Gleichung

$$R = 3 \sqrt[3]{\frac{Q}{N}}.$$

3) Die Anzahl der Flügel soll nach Dollfus mit dem Durchmesser des Rades in folgender Art zunehmen:

bei 0,50 m Durchmesser	. .	4 Flügel,
„ 0,60 „ „	. .	6 „
„ 0,70 „ „	. .	8 „
„ 1,00 „ „	. .	10 „

4) Der freie Halbmesser der Aspirationsöffnung des Tambours, durch welche die Luft angesaugt und infolge der Centrifugalkraft an die Peripherie des Flügelrades geschleudert wird, ist (nach Dollfus) gleich der Hälfte der äußeren Schaufellänge.

5) Bezeichnet man mit h die Höhe einer Wassersäule in Centimetern, welche gleich der Druckdifferenz zwischen der Luft im Windrohr und der äußeren Atmosphäre ist, so läßt sich die Ausströmungsgeschwindigkeit v bestimmen durch die Formel:

$$v^2 = 2\,gh\,.\,1000 : 1{,}293 = 123^2\,h.$$

General Morin hat auch die letztgenannten Ventilatoren nach ihrem Effekt geprüft; sie wurden mit einem Windrohr von 0,3 m Durchmesser versehen, welches von 6—26 m Länge wechselte; in diesem wurde ein Anemometer aufgestellt.

ad 1) Er fand bei 26 m Länge des Saugrohres: daß die abgesaugte Luftmenge bei n Umdrehungen pro Minute sich ausdrücken ließ durch $Q = 0{,}00124\ n.$

Diese Luftmenge wurde gefunden durch Multiplikation des Röhrenquerschnittes = 0,07 qm mit der beobachteten Geschwindigkeit am Anemometer.

Vergleicht man die beobachtete Luftmenge mit der theoretischen, d. h. mit derjenigen, die man erhält, wenn man den vom Flügelrade beschriebenen Raum in Rechnung zieht, so ergiebt sich: daß der Ventilator 1,4 Mal soviel Luft ansaugt, als berechnet, und dies zeigt zugleich, wieviel mehr diese Ventilatoren leisten als die Schraubenventilatoren, bei denen sich für dasselbe Verhältnis der Quotient nur = 0,377—0,572 ergab.

ad 2) Die Versuche mit dem blasenden Schaufelventilator zeigen, daß innerhalb 170 und 980 Umdrehungen pro Minute folgendes Verhältnis zwischen den Umdrehungen pro Sekunde und der Windmenge stattfand:

$$Q = 0{,}098\ n.$$

Vergleicht man den von den Flügeln beschriebenen Raum, welcher bei 0,02247 qm Flügelfläche und 0,24 m Schwerpunktsabstand von der Achse pro Umdrehung 6,28 . 0,24 . 0,02247 = 0,0337 cbm beträgt, mit den Windmengen, so ergiebt sich das Verhältnis

$$\frac{0{,}0337}{0{,}098} = \frac{1}{2{,}9},$$

wonach die wirklich gelieferte Windmenge 2,9 mal so groß als die berechnete ist, während sie beim saugenden Ventilator nur 1,4 mal so groß war.

Der Wirkungsgrad kann bei 700—800 Umdrehungen zu 16 Proz. angegeben werden, während derselbe beim Saugen zu 12 Proz. gefunden wurde.

Die gewöhnlichen Ventilatoren mit geraden Schaufeln hat Morin ebenfalls in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen. Der benutzte Ventilator besaß 0,33 m breite und 0,18 m hohe Schaufeln, deren äußerer Durchmesser 0,67 m betrug, und bewegte sich in einem cylindrischen Gehäuse von 0,75 m Durchmesser mit 4 cm Spielraum; das Abführungsrohr war 20 und 28 m lang.

Aus Morin's Tabelle ist zu entnehmen, daß für diesen Fall sich ergab:

$$Q = 0{,}099\ n.$$

Bezeichnet V das Produkt aus dem Querschnitt eines Flügels in den Weg seines Schwerpunktes während einer Sekunde, so kann man im Mittel setzen

$$Q = 1{,}06\ V \text{ oder } \frac{V}{Q} = \frac{1}{1{,}06},$$

während dies Verhältnis bei gekrümmten Schaufeln $\frac{1}{2{,}9}$ betrug. Hieraus folgt der große Vorzug der Ventilatoren mit gekrümmten Flügeln.

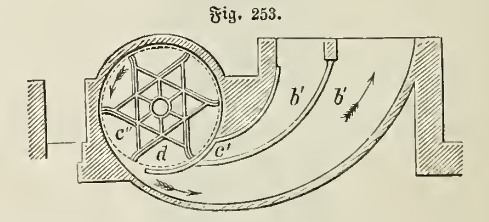
Den Wirkungsgrad kann man für 500—800 Umdrehungen im Mittel zu 0,141 setzen, also höher als bei den Schraubenventilatoren, aber niedriger als bei den Ventilatoren mit gebogenen Schaufeln.

Als Resultat der Morin'schen Versuche ergeben sich nun folgende Zahlen:

Art des Ventilators	Wirkungsgrade in Prozenten
1) Schraubenventilator von Guérin, blasend . .	3,
„ „ „ saugend . .	8,
2) Centrifugalventilator, saugend	12,
„ blasend	16,
3) Ventilator mit geraden Schaufeln	14.

Ventilator von Guibal für Drucklüftung.[1]) Derselbe dreht sich zwischen zwei vertikalen Wandungen des Tambours. Die eine derselben enthält die Saugöffnung zum Eintritt der frischen atmosphärischen Luft; die andere ist nur von der kreisrunden Öffnung für die Triebachse

Fig. 253.



durchbrochen. Ein cylindrischer Mantel von Mauerwerk umgiebt den Ventilator und kommuniziert auf etwa ¼ seines Umfanges mit einem Luftzuführungskanal, der sich bei b und b' (Fig. 253) zu einem Kamin erweitert. Die Arme, welche die Flügel des Ventilators tragen, sind auf einer polygonalen durchbrochenen Muffe befestigt. Die letzteren sind geradlinig, ausgenommen an ihren freien Enden, welche im Sinne der Radien der cylindrischen Hülle umgebogen sind.

Anm. Im Nationalpalast zu Brüssel, dargestellt auf Taf. 48, dient der Guibal'sche Ventilator ebenfalls zur Drucklüftung. Der Luftkanal ist in zwei Abteilungen b und b' zerlegt. Die in das Kompartiment b eingeblasene Luft dient zur Heizung, diejenige in b'

1) Vergl., Rapports sur l'exposition universelle de 1878 par Wazon.

bleibt kalt. Zwei Schieber c' c'', welche sich in eisernen Falzen bewegen, dienen zur Regulierung des freien Querschnittes der Luftleitungen, damit man je nach Umständen das Volum der warmen oder kalten Luft veränderlich machen kann. Beide Luftströme treten in eine Mischkammer und von dort aus mit einer Temperatur von ungefähr 18° C. in den Sitzungssaal der Repräsentanten. Sobald die Flügel in der Richtung der Pfeile bewegt werden, wird die Luft durch das Auge des Gehäuses angesaugt, verteilt sich zwischen den Flügeln, gelangt in die vertikalen Schächte, in welche es mit der den Flügeln eigenen Peripheriegeschwindigkeit eintritt.

Dimensionen. Gewöhnlich nimmt Guibal den Querschnitt S des Ventilationskamins an der Austrittsstelle viermal so groß als an der engsten Stelle der Basis. Sind R und r die äußeren und inneren Radien der Ventilatorflügel, so macht er R = 2 r bis 3 r. R selbst ist = 3 bis 7 m; N die Anzahl der Umdrehungen pro Minute = 40—90. Die Breite l des Ventilators wechselt zwischen 1,5—2,5 m.

Querschnitt des Ventilationskanales. Das pro Sekunde durch den Ventilator zu liefernde Luftquantum V in Kubikmetern ist gewöhnlich bekannt. Andererseits können R und die Anzahl der Umdrehungen bekannt sein. Die Geschwindigkeit am freien Ende der Flügel ist $v = \frac{2\pi R . N}{60}$ und der theoretische Querschnitt $s' = \frac{V}{v}$. Die Erfahrung lehrt aber, daß, mit Rücksicht auf die Kontraktion des Stromes, der reine Querschnitt s des Kanales = 2 s' sein muß. Da nun die Breite des Querschnittes gleich der Flügelbreite l gemacht wird, so hat man für h die Höhe des Querschnittes den Ausdruck: s = l . h.

Nutzeffekt. Die Arbeit in Kilogramm-Metern, welche ein Guibal'scher Ventilator hervorbringt, ist auszudrücken durch das Ergebnis der pro Sekunde geförderten Luft, multipliziert mit der durch den Druck erzeugten Depression einer Wassersäule, ausgedrückt in Millimetern. Der Nutzeffekt variiert zwischen 0,30 und 0,63.[1]) — Von Berechnung der Ventilatoren kann hier abgesehen werden, da die Anwendung derselben besondere Maschinenanlagen bedingt, welche durch einen Maschinenkundigen entworfen und ausgeführt werden.[2])

C. Saugende Wirkung eines Dampfstrahles.

In einigen Fällen, z. B. bei den Lokomotiven, wird der Zug dadurch hervorgebracht, daß der aus den Cylindern abgehende Dampf durch den Schornstein geleitet wird. Die saugende Wirkung eines Dampfstrahles, der in einen Aspirationsschacht eingelassen wird, kann daher ebenfalls benutzt werden, um die Luft in denselben mit sich fortzureißen. Bei den Lokomotiven hängt insbesondere die Wirkung von der Druckabnahme ab, welche der ausströmende Dampf in der Rauchkiste hervorbringt. Weder Rauchinhalt der letzteren, noch Höhe des Schornsteines sind von merklichem Einfluß auf den Zug, wie Professor Dr. Zenner experimentell an einem besondern Apparat erwiesen hat. Aus den Zeuner'schen Formeln folgt:

1) daß der Zug proportional ist dem zu seiner Erzeugung aufgewendeten Dampfgewicht und
2) daß die saugende Wirkung eines gegebenen Gewichtes Dampf, welcher aus einem gegebenen Schornstein ausströmt, unabhängig von der Spannung desselben ist.

D. Ventilation mit komprimierter Luft.

Zu den Ventilationsmethoden kann man endlich auch das System des Ingenieurs Piarron de Mondésir rechnen, welches derselbe in Gemeinschaft mit den Herren Lehaitre und Julienne in Paris in Versuchen erprobt und zuerst im Pariser Industrie-Ausstellungsgebäude zur Anwendung gebracht hat.[1])

Das System erklärt sich aus folgendem Experiment: Wird in der Achse eines Metallrohres ein schwaches Einblaserohr befestigt, welches mit einem Behälter für komprimierte Luft kommuniziert, während am andern Ende schwache Mundstücke von verschiedenem Durchmesser angeschraubt sind, so stößt die heftig ausströmende komprimierte Luft die in dem Metallrohr befindliche Luft vor sich her, zwingt die dahinter befindliche ihr zu folgen und erzeugt dadurch einen Strom, dessen Stärke von dem Durchmesser des Mundstücks und der Spannung der komprimierten Luft abhängt.

Das System kann angewendet werden:

1) Lediglich zur Einführung frischer Luft (Industrie-Palast 1867).

2) Zum Absaugen der verdorbenen Luft.

3) Durch zwei getrennte Kanalsysteme kann die frische Luft eingetrieben und die schlechte Luft abgesaugt werden.

Als Vorteile des Systems wurden vom Erfinder folgende hervorgehoben:

a) Die kräftig saugende Wirkung eines Stromes komprimierter Luft, der ohne Schwierigkeit in jedem beliebigen Raume und in jeder Etage des Gebäudes angebracht werden kann, machte das System leicht anwendbar.

---

1) Dévillez, Ventilation des mines, p. 244.

2) Vergl. Wolpert, Abhandlungen aus der Wohnungshygiene. Leipzig (Baumgärtner's Buchhandlung) 1887. V. Abhandlung: Berechnung von Anlagen für mechanische Ventilation, S. 88 u. f.

1) Beschrieben in: Communication relative à la ventilation par l'air comprimé par P. de Mondésir, Paris 1867 und Ventilation par l'air comprimé, Paris 1876.

b) Das Zurücktreten der schlechten Luft aus einem Zimmer oder Saale in den anderen sei wegen der kräftig saugenden Wirkung des Strahles nicht zu befürchten.

c) Die Zuführung sei eine einfachere, weil nur ein kleiner Teil (etwa $^1/_{20}$) des nötigen Luftquantums auf größere Entfernung durch mechanische Kraft in Bewegung gesetzt zu werden brauche.

d) Als besonderer Vorteil wurde endlich die starke Abkühlung der Luft, in welche die komprimierte eintritt, hervorgehoben; man versprach sich davon gute Dienste während der heißen Jahreszeit.

Das „System Mondésir" kam zunächst zur Anwendung im Ausstellungspalast zu Paris (1867), und zwar lediglich zum Eintreiben von frischer Luft in die drei inneren Gallerien des Ausstellungsgebäudes. Es wurden stündlich 7000 cbm frische Luft eingeführt; als Motoren dienten vier Dampfmaschinen von zusammen 105 Pferdekraft. Zwei doppelte Ventilatoren, eine Kompressionspumpe und eine Gebläsemaschine dienten zum Komprimieren und Eintreiben der Luft in die Hauptgallerie mit ihren verzweigten radialen und peripherischen Kanälen.

General Morin stellte im August 1867 Beobachtungen über die Wirksamkeit dieser Ventilationsmethode an, und zwar in Bezug auf Temperatur und mechanischen Effekt (letzteren im Verhältnis zu demjenigen gewöhnlicher Ventilatoren). Er fand am 13. August nachmittags bei 27° Außentemperatur an der Einmündung des Luftschachtes in die Gallerien des Souterrains:

Die mittlere Temperatur der mit natürlicher Ventilation versehenen Gänge	= 28,50	Proz.
Die mittlere Temperatur der nicht ventilierten Gallerie	= 29,62	„
Die mittlere Temperatur der durch komprimierte Luft ventilierten Gallerien	= 27,90	„

Die Temperaturdifferenz zwischen den nicht ventilierten und den mit komprimierter Luft ventilierten Gallerien erhob sich mittags von 2—3 Uhr nicht über 1,72° C. An weniger heißen Tagen im September war diese Differenz noch geringer (0,25—1,05° C.).

Die Abkühlung der Luft war also keine bedeutende: sie hatte bei 2 m und mehr Einströmungsgeschwindigkeit nicht Zeit, sich an den Wänden des Abkühlungsraumes in der Temperatur herabzumindern.

Die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft stieg im Mittel auf 2,55 m, bei einer Geschwindigkeit des Injektionsstrahles von 71,02 m: der Wirkungseffekt betrug daher $\frac{2,55}{71,02} = 0,036$ oder $^1/_{28}$ der wirklichen Arbeitskraft des Strahles, und da letztere nur bis zu $^1/_2$ der bewegenden Kraft sich steigert, so folgt, daß der Nutzeffekt des Apparates nur $^1/_{56}$ der aufgewendeten Bewegungskraft betrug. Nun geben aber die Komprimierungsapparate selbst höchstens 50 Proz. Nutzeffekt, so daß also vom Standpunkte der Mechanik nur rot. $\frac{1}{100}$ der bewegenden Kraft zur Benutzung kam, während — wie wir gesehen haben — bei einem gewöhnlichen Ventilator doch der Nutzeffekt $\frac{12}{100}$ der Arbeitskraft beträgt.

Resumé. In Fällen, wo man zu mechanischen Apparaten seine Zuflucht nehmen muß, ist also ein gewöhnlicher Ventilator viel vorteilhafter.

Auch beim Théatre Lyrique zu Paris ist die Lüftung mit komprimierter Luft zur Anwendung gekommen; in Betreff der näheren Details müssen wir jedoch auf das Werk von P. de Mondésir verweisen. — Eine durchgreifende Anwendung hat das neue System — wie erklärlich — nicht gefunden.

Resumé. Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die Übersicht der verschiedenen künstlichen Ventilationssysteme gegeben haben, wollen wir dieselben zum Schluß, geordnet nach den zur Verwendung kommenden Kräften, hier nochmals übersichtlich vorführen.

Die künstliche Lüftung von Gebäuden erfolgt entweder durch Aspiration (Sauglüftung) oder durch Pulsion, (Drucklüftung), oder endlich durch eine Verbindung beider Systeme.

Die **Sauglüftung** beruht:

a) auf dem Effekt einer direkt durch Wärme hervorgerufenen Luftbewegung oder

b) auf der Wirkung einer anderen, erst durch Wärme erzeugten Kraft.

ad a) Zu den Einrichtungen, bei denen der Luftstrom direkt durch Wärme hervorgerufen wird, gehören:

1) das offene Feuer eines Lüftungsschachtes im Souterrain des Gebäudes oder im Raume selbst (Heizkamin); die Leuchtapparate (Gasflammen, Sonnenbrenner) oder die über dem Raume entwickelte Wärme (Beleuchtung über der Glasdecke);
2) Heißwasserspiralen, Warmwasserrohre, Dampfregister, Bunsen'sche Brenner, welche in einem oberen Teile des Lüftungsschachtes aufgestellt werden;
3) die beständige Erwärmung des Schlotes mittels eines, in seiner ganzen Höhe aufsteigenden Rauchrohres.

Durch sämtliche vorgenannte Mittel wird die Luft des Schachtes — welche mit den zu lüftenden Räumen kommuniziert — erwärmt und zum Aufsteigen gezwungen, weil der aerostatische Druck die warme Luft nach oben treibt.

ad b) Kräfte, welche durch Wärme hervorgerufen werden und eine saugende Wirkung erzeugen, sind:

1) jede, aus einer Luftheizkammer kommende, aufsteigende heiße Luftsäule;
2) die blasende Wirkung eines Dampfstrahles;
3) die Ventilation mit komprimierter Luft;
4) mechanische Ventilatoren (zum Absaugen der verdorbenen Luft).

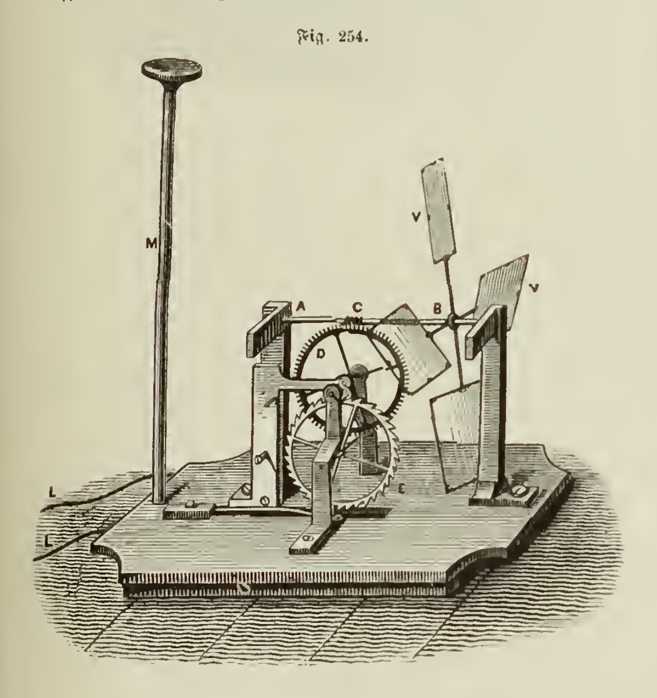
Die **Pulsion**, d. h. das **Eintreiben** frischer Luft in die zu ventilierenden Räume wird hervorgerufen, ähnlich wie die Aspiration, durch die unter b) Nr. 2, 3, 4 genannten Kräfte, also:

Durch mechanische Ventilatoren, durch komprimierte Luft oder durch einen Dampfstrahl und hat sich in dieser Anordnung als sehr wirksam bewährt. (Vgl. die Anwendungen.)

§ 75.

Ehe wir zur praktischen Anwendung der im vorstehenden Paragraphen gegebenen Lüftungs-Methoden übergehen, haben wir der Mittel zu gedenken, durch welche die Geschwindigkeit und die Temperatur eines Luftstromes gemessen, der richtige Gang der Ventilationsanlage kontrolliert und die effektive Leistung derselben beurteilt werden kann.

Fig. 254.



A. Die Instrumente, welche zur Messung der Geschwindigkeit eines Luftstromes in einem gegebenen Kanalquerschnitt dienen, nennt man **Anemometer**.

1) Das Anemometer von Combes[1]) besteht aus einer dünnen Stahlachse AB (Fig. 254), welche in feine Zapfen endigt, die in Achatlagern laufen. An dem einen Ende sind vier gleiche, aufeinander senkrechte Arme befestigt, welche quadratische Flügel aus Glimmer tragen, die in gleicher Weise gegen die Achse geneigt sind. In der Mitte der Achse befindet sich eine Schraube ohne Ende C, welche ein darunter gelegenes Rad D bei jeder Drehung der Achse um einen Zahn weiterschiebt. Das Rad D hat 100 Zähne, welche von 10 zu 10 numeriert sind; die Numerierung beginnt bei einem mit einem Zeichen versehenen Zahn, welcher im Anfang des Experimentes einem am Gestell des Anemometers befestigten Index gegenüberstehen muß. Die kurze Achse, auf der das Rad D sitzt, trägt einen Daumen, welcher bei jeder Umdrehung von D ein zweites, seitlich angebrachtes Rad E, um einen Zahn fortschiebt; letzteres hat 50 Zähne, die von einem Nullpunkt aus von 5 zu 5 numeriert sind. Auch dieser Nullpunkt muß sich gleich zu Anfang des Experimentes einem als Index dienenden Fixpunkt gegenüber befinden. Angebrachte Sperrhaken verhindern das Zurückgehen der Räder D und E, resp. das Vorgehen um mehr als einen Zahn. Durch diese Räder wird die Anzahl der Umdrehungen der Flügel innerhalb einer gegebenen Zeit bestimmt, und zwar werden auf dem Rad D die Einer und Zehner, auf E die Hunderte abgelesen; man kann also von 0 bis 5000 Touren am Instrument ablesen. Das Rad D kann durch einen Hebel mit Feder außer Eingriff mit der Schraube gebracht resp. wieder eingerückt werden, und zwar kann man diese Bewegungen aus beliebiger Entfernung mittels zweier verschieden gefärbter Schnüre, die an den Enden des Hebels befestigt sind, ausführen. Zieht man an der einen, so kommt das Rad D außer Eingriff, während ein Zug an der anderen dasselbe einrückt. Das Aus- und Einrücken kann auch durch die Bewegungen des Ankers eines Elektromagneten geschehen.

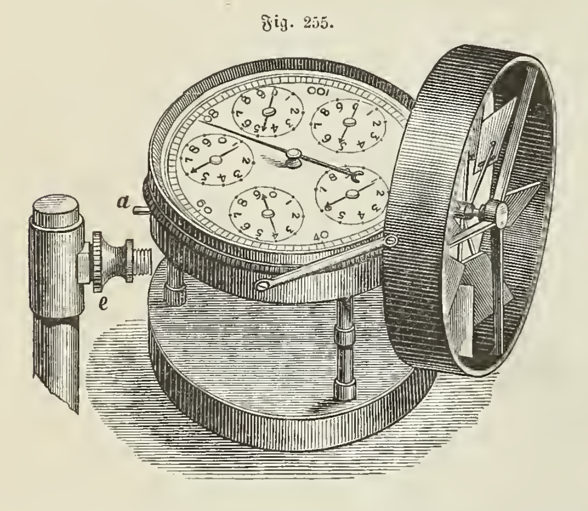
Beim Gebrauch des Instrumentes werden zuerst die Nullpunkte der Räder den Indices gegenüber gestellt; dann bringt man bei eingerückter Schraube das Instrument in den Luftleitungskanal und befestigt es so, daß die Flügel vom Strome auf der äußeren Seite, parallel der Achse des Instrumentes, getroffen werden. Sobald die Flügel in gleichförmiger Drehung sind, rückt man das Rad D ein und läßt es während 60 Sekunden umlaufen (die gewöhnliche Dauer solcher Versuche). Nach Ablauf dieser Zeit rückt man das Rad aus, nimmt den Apparat aus dem Luftkanal heraus und liest die innerhalb 60 Sekunden von den Flügeln gemachten Umdrehungen ab, woraus sich die Zahl der Touren pro Sekunde bestimmen läßt.

2) Ein zu langwährenden Beobachtungen geeignetes Instrument ist das Anemometer von Negretti und Zambra in London, welches Fig. 255 darstellt. Dasselbe kann auf den Schuh e aufgeschraubt, und durch diesen kann ein Stock gesteckt werden, um Messungen an der Zimmerdecke, in Kanälen ꝛc. bequemer auszuführen. Das Konstruktionsprinzip ist das nämliche wie bei Combes, indem

1) Erfunden 1838 von Combes und in der Folge von Neumann konstruiert. Combes hat insbesondere das Verdienst, für das Instrument eine genaue Formel bestimmt zu haben. — Eine vervollkommnete Form hat der Mechaniker Clair dem Instrumente gegeben.

die Bewegung des Flügelrades durch ein Schneckenrad auf das Zählwerk übertragen wird. Das Schneckenrad kann außer Eingriff mit der Schnecke gesetzt werden, indem das Ende eines kleinen, bei a sichtbaren Hebels in Bewegung gesetzt wird. Vor Beginn des Versuches ist das Zählwerk, welches bequem, wie das Zifferblatt der Uhr, abgelesen werden kann, ausgerückt. Die durch die Zeiger gegebene Zahl

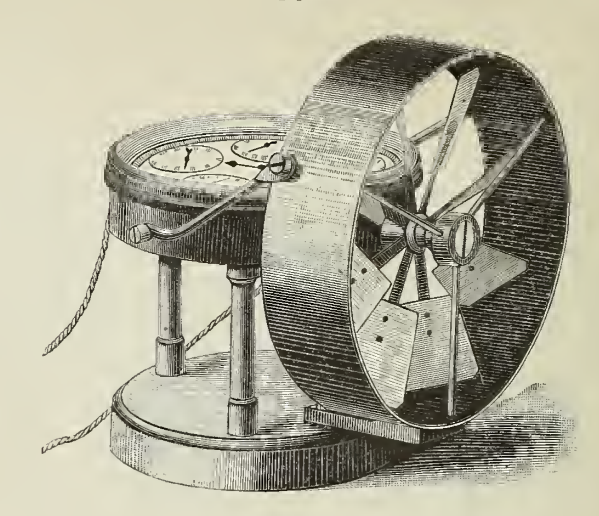
Fig. 255.



wird notiert und das Instrument dann in den Luftstrom gebracht. — Sobald die Einrückung des Zählwerkes bewirkt wird, beginnt die Messung, bei der man eine Sekundenuhr zu Hülfe zu nehmen hat. Soll der Versuch beendet werden, so unterbricht man die Verbindung des Flügelrades mit dem Zählwerk und vermerkt die verflossene Zeit. Die von den Zeigern bestimmte Zahl, abzüglich der vorher notierten, dividiert durch die Sekundenzahl, die während des Versuches verflossen, ist die Luftgeschwindigkeit, welche noch mit dem üblichen Korrektions-Faktor zu versehen ist.

3) Das Anemometer von **Casella**, Fig. 256, ist in der äußeren Erscheinung dem in Fig. 255 dargestellten gleich und besteht aus einem Flügelrad von 7 cm Durchmesser; die acht Flügel aus Aluminiumblech sind unter 30° gegen die Vertikalebene geneigt und durch die Schraube ohne Ende mit dem Zählwerke in Verbindung, auf dessen Zifferblatt nicht die Zahl der Umdrehungen, sondern direkt die Geschwindigkeit des Luftstromes in Metern so bequem abgelesen werden kann, wie die Zahl der Minuten vom Zifferblatt einer Uhr. Man hat hier also nur nötig, vor Beginn einer Beobachtung sich den Stand des Meterzeigers und — bei Geschwindigkeiten von voraussichtlich mehr als 100 m in der Minute — auch den Stand des 100 m-Zeigers zu merken, dann die Arretierung (bei a Fig. 255) zu lösen, nach 60 Sekunden Beobachtungszeit durch Druck auf die Feder oder den Hebel die Verbindung des Flügelrades mit dem Zählwerke wieder aufzuheben, endlich den nunmehrigen Stand des Meterzeigers abzulesen: so giebt letzterer direkt die Länge des Luftstromes in Metern an, der sich in einer Minute durch den beobachteten Kanalquerschnitt bewegt hat. Zu der gefundenen Meterzahl

Fig. 256.



ist noch eine Konstante hinzu zu addieren, die, mit hinreichender Genauigkeit zu + 10 angenommen, den Einfluß der Trägheit und Reibung des Rades darstellt. Addiert man also + 10 zu der abgelaufenen Meterzahl, so erhält man die wahre Geschwindigkeit pro Minute und durch Division mit 60 die Geschwindigkeit des beobachteten Luftstromes in der Sekunde.

Die Auslösung oder Arretierung des Anemometers vor hochgelegenen Ausströmungsöffnungen wird durch Zugschnüre von unten her bewirkt. Vergl. Fig. 256.

Ein anemomètre totalisateur mit elektrischem Zähler, welches 12—24 Stunden arbeitet, wurde von Hardy konstruiert. Dieses Anemometer ist besonders zur Kontrolle eines regelmäßigen Ventilationsbetriebes geeignet. Der Zähler wird im Kabinet des Dirigenten angebracht und gestattet diesem, sich zu jeder Stunde zu überzeugen, ob der Ventilationsapparat richtig arbeitet.

Methode der Beobachtungen mit dem Anemometer.

Will man in einem Schornsteine, Heißluftkanal oder Ventilationsschlot Beobachtungen über die durchströmende Luftmenge anstellen, so hat man vor der Zuströmungsöffnung ein 0,60—0,80 m langes Rohr aus Zink anzusetzen, welches möglichst genau mittels eines Kranzes an die Öffnung anschließt.[1]) Diese Röhre muß so groß sein, daß

1) Bei den Ventilationsproben (mit dem Anemometer von Neumann in Paris), welche in den Pavillons VII und VIII des städtischen Krankenhauses angestellt wurden, wurde vor der Absaugeöffnung ein hölzerner Kasten angebracht, in den sich das Anemometer seitlich einführen ließ. Vergl.: Erbkam, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1875, S. 454.

man in derselben das Anemometer auf eine Entfernung von 0,15—0,20 m von der Mündung aufstellen kann, damit die Beobachtungen an einer Stelle gemacht werden, wo die Luftströmung nahezu regelmäßig ist. Die Art des normalen Luftzutrittes in den Apparat darf in keiner Weise geändert werden, und der Querschnitt des Zinkrohres muß genau mit dem der Zutrittsöffnung übereinstimmen. Für die Anemometer 1. und 2. genügt ein Durchmesser von 0,14 m für das Ansatzrohr.

Soll die Luftmenge gemessen werden, welche aus einem Heizkanal strömt, so bedient man sich ebenfalls eines Rohres von Zink, das an der Basis die Form der Austrittsöffnung hat. Das Anemometer vor die Vergitterung des Heizkanales anzubringen, genügt nicht, weil man auf diese Weise nur ungenaue Resultate erhält.

Ist der Querschnitt des Kanales sehr groß im Verhältnis zu den Dimensionen des Instrumentes, so muß man vorsichtige Meßversuche an verschiedenen Punkten des Querschnittes anstellen, um die mittlere Geschwindigkeit der durchströmenden Luft zu erhalten, weil die Geschwindigkeit an den verschiedenen Punkten eines Ventilationsschlotes oft sehr wechselt.

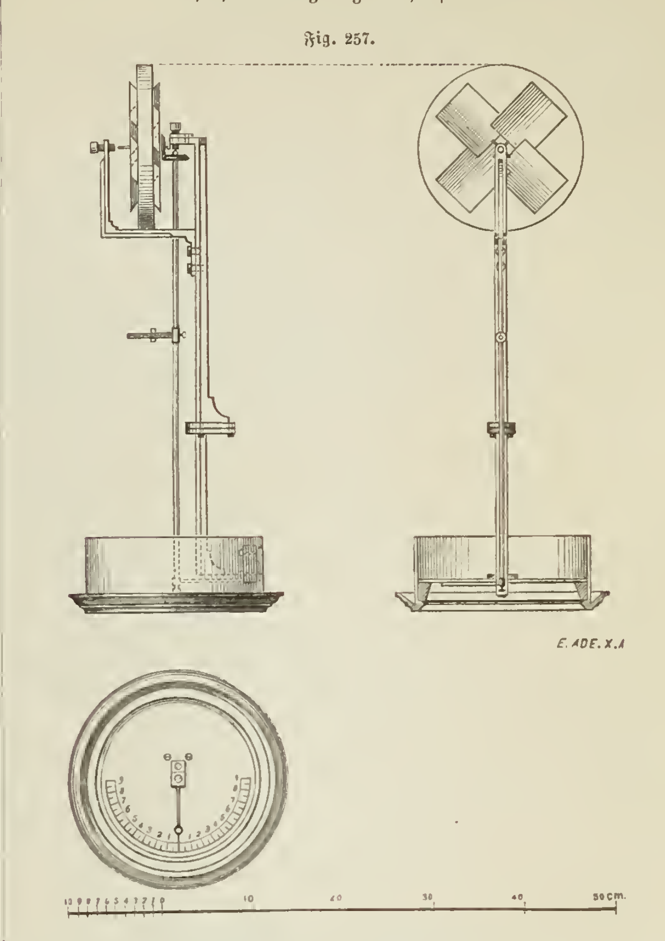
Bei den Untersuchungen in dem großen Ventilationsschlot des Städtischen Allgemeinen Krankenhauses zu Berlin ergaben sich so bedeutende Unterschiede in der Geschwindigkeit, daß Messungen an 20 verschiedenen Stellen des Querschnittes nötig wurden, woraus sich bei oftmaliger Wiederholung Koeffizienten von genügender Genauigkeit feststellen ließen, mit welchen die im zugänglichen Punkt beobachteten Strömungen multipliziert wurden, um eine mittlere Geschwindigkeit zu erhalten.

Sind in einem größeren Saale mehrere Abzugsöffnungen vorhanden, so müssen zur Ermittelung einer mittleren Geschwindigkeit stets mehrere Messungen, am Anfange und am Ende und zu beiden Seiten des Saales vorgenommen werden.

Indikatoren. So vorteilhaft und brauchbar das Anemometer für den Heiztechniker ist, der den Gang der Ventilation zu prüfen hat, so wenig geeignet ist es für das Personal, welches beim Betriebe beschäftigt ist oder diesen beaufsichtigt. Zu diesem Zwecke sind Vorrichtungen nötig, welche auf den ersten Blick erkennen lassen, ob die Geschwindigkeit in den Kanälen normal ist, oder ob dieselbe durch Klappenstellung oder andere geeignete Mittel zu schwächen resp. zu verstärken sei.

Ein derartiges Instrument kann nach Art des nebenstehenden Indikators eingerichtet werden, welcher in den Ventilationsschloten des Allgemeinen Krankenhauses in Berlin zur Anwendung gekommen ist. Nachdem durch Anemometermessungen festgestellt worden war, welche Geschwindigkeit die Luft im Schlot haben müsse, wenn die vorgeschriebene Lufterneuerung eintreten soll, wurde in den Schlot ein einfach konstruierter Indikator (Fig. 257) eingeschaltet, der ebenfalls als Flügelrad hergestellt ist. Ein im Saale sichtbarer Zeiger giebt den Grad der Luftgeschwindigkeit im Abzugsschlot an und so den Anhalt für das Öffnen oder Schließen der Drosselklappe, welche an der unteren Schachtmündung angebracht ist.

Fig. 257.



B. Die Messung der Temperaturen erfolgt durch Thermoskope und Thermometer. (Bei sehr hohen Temperaturen, beispielsweise zur Messung der Temperatur im Brennraume einer Feuerungsanlage, dienen Pyroskope und Pyrometer.)

Die in Deutschland am meisten gebrauchten Thermometer sind die Réaumur'schen, während von den Gelehrten fast durchgängig nur das Celsius'sche Thermometer gebraucht und in englischen Schriften häufig die Temperatur nach Fahrenheit angegeben wird.

Zur Reduktion von Temperaturangaben auf eine andere Thermometerskala kann die bekannte Grundlage dienen, wonach die Skala zwischen dem Siedepunkt und dem Gefrierpunkt des Wassers

bei Réaumur in 80,
„ Celsius in 100,
„ Fahrenheit in 180

Teile geteilt ist. Der Gefrierpunkt befindet sich bei Réaumur und Celsius auf 0°, bei Fahrenheit auf + 32°; der Siedepunkt liegt demnach bei Réaumur auf 80°, bei Celsius

auf 100°, bei Fahrenheit auf 212°. — Der Nullpunkt des Fahrenheit'schen Thermometers fällt mit dem Teilstriche $= 17^7/_9$ der Celsius'schen Skala zusammen.

Zur Umrechnung Fahrenheit'scher Grade auf Celsius'sche Grade kann man sich also folgender Reduktionsformeln bedienen:

$$x^0\ F = (x - 32)\ ^5/_9{}^0\ C.$$

oder umgekehrt, wenn man Celsius'sche Grade in Fahrenheit'sche umwandeln will:

$$y^0\ C = (y\ .\ ^9/_5 + 32^0)\ F.$$

Als thermometrische Flüssigkeit wird vorzugsweise Quecksilber angewendet. Gewöhnliche Weingeistthermometer sind nur für sehr niedrige Temperaturen geeignet; sie dürfen höchstens bis + 50° gehen.

Die Beobachtung und Regulierung der Temperatur der zu beheizenden Räume findet entweder in diesen selbst oder in einem tiefer gelegenen, dem Heizer zugänglicheren Geschosse statt. In dem ersteren Falle hat die Aufhängung von Thermometern, die von der Zimmerluft frei bespült werden, keine Schwierigkeit. Soll andererseits der Heizer in den Stand gesetzt werden, vom Souterrain her sich über die Temperaturen der mit Centralheizung versehenen Zimmer verschiedener Geschosse zu vergewissern, um darnach den Heizprozeß des Centralapparates zu regeln: so kann dies entweder durch sogenannte bewegliche Thermometer oder durch die der Firma Fischer & Stiehl in Essen patentierten, im Luftleitungsschacht angebrachten Spiegelapparate geschehen.

Anm. 1) Ein bewegliches Quecksilberthermometer hat Hermann Fischer durch Zeichnung und Beschreibung erläutert im Handbuch der Architektur, III. Teil, 4. Band auf S. 249. Das bewegliche Thermometer mit Metallfassung und schützenden Gummipuffern ist in einer 25 mm weiten schmiedeeisernen Röhre an einer Kette ohne Ende, welche über die oberhalb des Kopfstückes befindliche Rolle läuft, untergebracht. An der Kette hängt ein Gegengewicht, welches sich über eine unten befindliche Rolle hinweg in der zweiten Röhre bis zum Kellergeschoß hinab- und wieder heraufziehen läßt. Wegen geringen Rohrdurchmessers ist die Vorrichtung in einer Vertiefung der Wandfläche leicht plazierbar, und ist das obere Ende in dem betreffenden Zimmer in schicklicher Höhe und das untere für den Heizer an einer bequem gelegenen Stelle zugänglich. Vermittels der unteren Rolle vermag der Heizer das im Zimmer befindliche Thermometer rasch nach unten zu bewegen und die oben herrschende Temperatur abzulesen.

2) Bei dem patentierten[1]) Apparate von Fischer & Stiehl befindet sich das Thermometer im Zimmer vor dem Luftleitungskanal; ein unter 45° gegen den Horizont geneigter Spiegel im Luftkanal, oder vor einem besonderen Schacht und wirft das Bild des Thermometers abwärts nach dem Souterrain, wo es von einem zweiten Spiegel aufgefangen wird.

1) Deutsches Reichs-Patent Nr. 8118 vom 25. Mai 1879.

3) Zur Temperaturmessung werden zuweilen auch **Thermotelegraphen** benutzt, d. h. Instrumente[1]), welche an einem beliebig gelegenen Orte durch zwei verschiedene Glockensignale selbstthätig anzeigen, daß der Raum, in dem sie sich befinden, entweder eine bestimmte, höhere oder eine zu tiefe Temperatur angenommen hat.

Als thermometrische Substanz dient hier der Weingeist. Ein U-förmig gebogenes Glasrohr ist in seinem unteren Ende mit Quecksilber gefüllt und die lotrechten Schenkel sind oberhalb zu länglichen Gefäßen gestaltet. Das eine, oben geschlossene, ist ganz mit Weingeist gefüllt, das andere enthält weniger davon.

Bei wechselnder Temperatur dehnt sich der Weingeist in dem geschlossenen Gefäße aus, drückt auf die darunter befindliche Quecksilberfläche und treibt das Quecksilber im anderen Schenkel etwas empor. — In den Apparat sind Platindrähte eingeschmolzen, deren Enden bis zu bestimmter Tiefe hinabragen, so daß bei der zuläßig niedrigsten Temperatur der Quecksilberspiegel mit demjenigen Draht in Berührung kommt, der sich in dem gefüllten Gefäße befindet, während bei der höchsten Temperatur der andere Draht mit der Quecksilberfläche in Kontakt kommt. Von den Platindrähten sind Leitungen an denjenigen Ort geführt, der das Signal empfangen soll, und daselbst zwei elektromagnetische Läutewerke angebracht, von denen das eine läutet, wenn die Grenze des höchsten Temperaturstandes erreicht ist; das andere, wenn das Quecksilber an der tiefsten Grenze angelangt ist.

Dem Heizer bleibt es freilich trotz des Thermotelegraphen unbekannt, um wieviel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt ist.

C. **Bestimmung der Luftfeuchtigkeit.** Die Zimmerluft soll derart beschaffen sein, daß dieselbe weder übermäßig trocken sei, noch durch zu starken Feuchtigkeitsgehalt belästigend wirke. — Nach Annahme der Physiologen ist nun eine auf 17—20° C. erwärmte Luft der Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt ist. Da ein Kubikmeter Luft von + 20° bis zur Sättigung 17,2 g Wasserdampf aufnehmen kann, so darf im Mittel der Feuchtigkeitsgehalt der Luft unserer Wohnräume 8—9 g pro Kubikmeter betragen, oder nach Prozenten ausgedrückt, würden 40—60 Proz. der Maximalfeuchtigkeit zu erstreben sein.

Diese Mittelwerte sind bereits früher[2]) in der Einleitung zum sechsten Kapitel besprochen worden, und ist dort auch der Instrumente, welche zum Messen der Luftfeuchtigkeit dienen, nämlich der Hygrometer, Erwähnung geschehen. Verfasser hat sich bei seinen Untersuchungen mit Vorteil des in Fig. 258 dargestellten Prozent-Hygrometers von Hottinger & Co. in Zürich, mit Justiervorrichtung von Dr. C. Koppe, bedient.

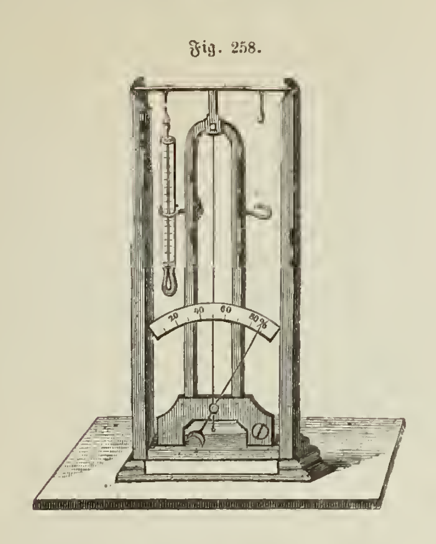
Dasselbe besteht aus einem gut gereinigten Menschenhaar, das am oberen Ende befestigt, am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt.

1) Ähnlichen Zwecken dient das oben S. 173 erwähnte Metallthermometer mit variabler Kontaktvorrichtung von H. Roesicke. Vergl. „Rohrleger“ Jahrgang 1879, S. 207.

2) Vergl. § 38.

Durch ein Gewicht von 0,5 g wird das Haar gespannt. In trockener Luft verkürzt es sich und dreht den Zeiger nach links, durch Befeuchten verlängert es sich, und das Gewichtchen bewirkt Zeigerdrehung nach rechts. Wenn die

Fig. 258.



Luft vollkommen gesättigt ist, soll der Zeiger an der Skala auf 100 zeigen und dort stehen bleiben. Dies dient zur Prüfung des Instrumentes.

Will man Feuchtigkeitsmessungen vornehmen, so hat man vorher das Instrument zu justieren. Zu dem Ende wird der zugehörige, mit Mousselin überzogene Blechrahmen mit Wasser getränkt und in die Nut auf der Rückseite des Instrumentes eingeschoben. Sodann wird das Gehäuse vorn durch eine Glasscheibe und hinten durch den Metallschieber geschlossen, wobei sich dasselbe in kurzer Zeit mit Feuchtigkeit füllt, das Haar sich rasch sättigt und der Zeiger auf 100 vorrückt. Ist letzteres — etwa infolge von Veränderungen durch den Transport — nicht der Fall, so stellt man mittels eines auf die Achse a aufgesetzten Schlüssels den Zeiger genau auf 100.

Nunmehr ist das Instrument justiert, und nachdem Schieber, Rähmchen und Glasscheibe entfernt sind, zeigt dasselbe einige Minuten später die relative Feuchtigkeit des zu prüfenden Raumes richtig an.

Beim Transport wird das Gewichtchen, welches das Haar spannt, abgehängt und der Zeiger auf die linke Seite unter eine dort befindliche Öse gebracht.

Mit Hülfe der vom Hygrometer in Prozenten angegebenen relativen Luftfeuchtigkeit läßt sich mittels eines dem Instrumente beigegebenen Diagrammes auch die absolute Feuchtigkeit und der Taupunkt der Luft des betreffenden Raumes finden.

Praktische Anwendungen.

Die Anwendung der in den Paragraphen 67—75 vorgeführten Prinzipien und Methoden auf die rationelle Lüftung der verschiedensten Gebäudegattungen hier vorzuführen, würde bei weitem unser Ziel überschreiten; wir werden uns daher begnügen, nur solche Beispiele vorzuführen, welche in der Praxis am häufigsten zur Anwendung gelangen, als: Lüftung der Wohnräume, Schulen, Auditorien, Sitzungssäle politischer Körperschaften, Theater, öffentlichen Lokale und Versammlungssäle, Krankenhäuser, Gefangenanstalten, Kasernen. Die Lüftung verschiedener Arten von Fabriken und Arbeitsräumen, in denen Dämpfe und der Gesundheit schädliche Gase erzeugt werden, liegt dagegen den Zielen dieses Buches fern.

§ 76.

I. Die Lüftung der Wohnräume.

Sie ist in der That eine Lebensfrage, weil von ihr Gesundheit und Wohlbefinden in hohem Grade abhängen, und dennoch wird beim modernen Häuserbau hierauf keinerlei Rücksicht genommen. Für Abführung des Verbrauchswassers und der Exkremente wird gesorgt, an die Entfernung der verbrauchten Luft denkt der Erbauer nur in den seltensten Fällen, und zwar dann erst, wenn er durch Polizeivorschrift oder durch die Notwendigkeit dazu gedrängt wird.

Große Wohnungen, in denen 5—6 Familienglieder über ebensoviele Zimmer verfügen, bedürfen allerdings einer künstlichen Lüftungseinrichtung kaum: hier genügt in der Regel dasjenige Quantum Luft, welches durch die Thüren, Fenster und die Fugen der Baumaterialien eindringt. Wo aber, wie in den Arbeiterwohnungen, kinderreiche Familien in einem kleinen Wohngelaß zusammengedrängt leben und schlafen müssen, während die Luft dieser Räume noch durch unreine Stoffe stundenlang verpestet wird, dort wäre es Aufgabe der öffentlichen Gesundheitspflege, dahin zu wirken, daß Wohnungen dieser Art mit entsprechenden Lüftungsanlagen versehen sein müßten.

Für diese kleinen Wohnungen der Arbeiterhäuser und der sogenannten Mietskasernen sind nun zwar komplizierte und teure Lüftungsanlagen von französischen und englischen Philantropen vielfach empfohlen worden, dieselben werden aber nie zur allgemeinen Anwendung gelangen, weil sie die Bedingung der Einfachheit und Billigkeit nicht erfüllen.

Eine Zuführung frischer Luft in solche stark bevölkerte Häuser ist gleichwohl möglich, sobald nur die sämtlichen Korridore durch angemessen verteilte Schlote mit der äußeren Luft in Verbindung gebracht werden, wobei die Luftzuführung

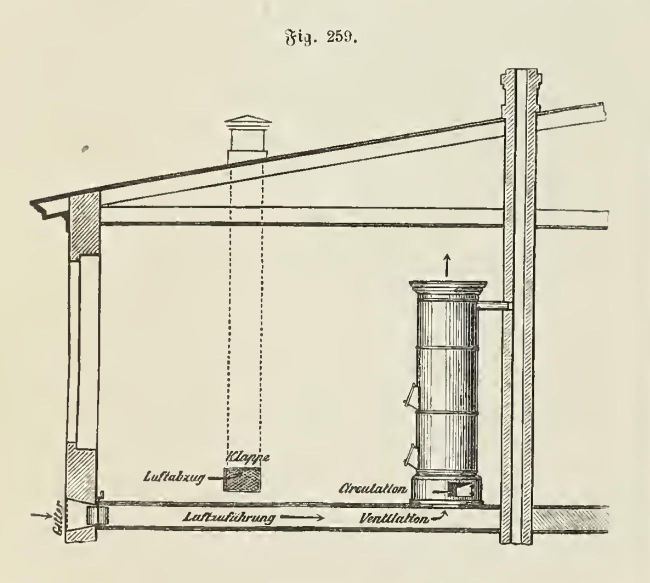
auch von oben her, unter Einfluß der pressenden Wirkung bewegter Luft erfolgen kann, falls von der Straße oder den Höfen eine solche Zuleitung aus hygienischen Gründen — namentlich in engen Höfen — unthunlich wäre.

Die Vorplätze oder Korridore sind sodann nahe der Decke mit jenen Luftschloten in Verbindung zu bringen, und die zuströmende frische Luft ist durch stellbare Klappen in die Wohnzimmer und Küchen einzuleiten.

Zur Absaugung der verbrauchten Luft können einzelne russische Röhren benutzt werden, welche dicht neben den erhitzten Rauchröhren liegen und von ihnen nur durch eine dünne Wange von Thon oder starkem Blech getrennt sind. Unterstützt wird die Absaugung der schlechten Luft durch die Wahl angemessener Öfen.

Die in § 30 besprochenen Öfen mit doppeltem Mantel können hierzu mit großem Vorteile benutzt werden. Zur Abführung eines gleichgroßen Quantums verbrauchter Zimmerluft muß man alsdann durch Anlage eines günstig gelegenen Ventilationskanales sorgen. Die frische Luft wird

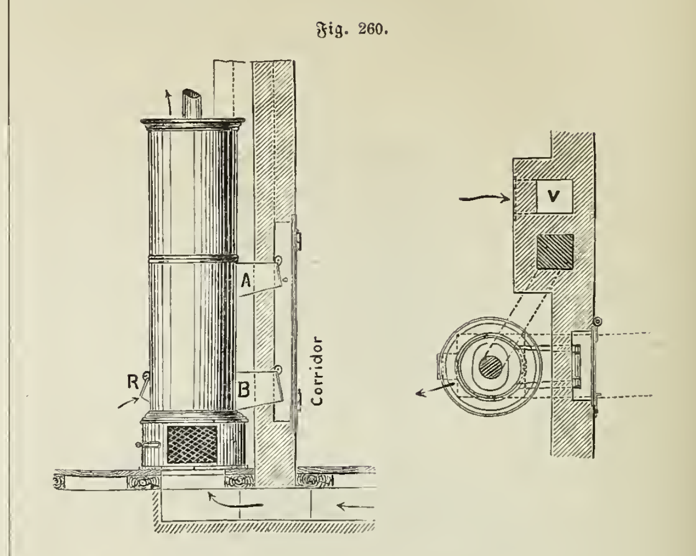
Fig. 259.



gewöhnlich von unten her in den Hohlraum zwischen Heizkörper und Mantel eingeführt, und kann ein Kanal unter dem Fußboden zur Luftführung dienen. Der Luftzutritt wird dicht an der Frontwand mittels Drosselklappe geregelt. (Vergl. Fig. 259, Lüftung eines Zimmers durch Ventilations-Mantelofen.)

Auch der Ofen Fig. 260 ist an dieser Stelle zu nennen. Die Bedienung des Heizkörpers erfolgt im vorliegenden Falle vom Korridor her. A ist der Füllschacht, B der Aschenkasten. Durch die Regulierthür R kann der Zutritt der Luft zum Brennschacht vom Zimmer aus geregelt werden. Die frische Luft tritt unterhalb des Fußbodens in den Mantelraum in der Richtung der Pfeile ein und oberhalb erwärmt aus. V ist ein Abzugsrohr für verbrauchte Zimmerluft.

Fig. 260.



Soll nun für einen bestimmten Raum ein Ventilations-Mantelofen gewählt werden, so ist der Wärmeverlust durch Transmission zu berechnen und diesem der Wärmeverbrauch für die Lüftung hinzuzufügen.

Hierzu mag das Zahlenbeispiel des § 17, S. 39 dienen. Der Wärmeverlust eines Zimmers von 5 m Länge, 6 m Tiefe, 4 m Höhe und 4 qm Fensterfläche wurde ermittelt bei kontinuierlicher Heizung und 30° Temperaturdifferenz zu 3347 Wärme-Einheiten.

Die pro Stunde zuzuführende Luftmenge möge zu 20 cbm pro Kopf angenommen werden; alsdann sind, wenn das Zimmer zum Aufenthalt für fünf Personen dient, stündlich 100 cbm frische Luft einzuführen, zu deren Erwärmung bei 30° Temperaturdifferenz

$$30 \,.\, 100 \,.\, 1{,}3 \,.\, 0{,}24 = 936 \text{ Wärme-Einheiten}$$

erforderlich sind (wobei 1,3 das Gewicht eines Kubikmeters Luft und 0,24 die spec. Wärme der Luft darstellt).

Ein Kachelofen der diesen Wärmeeffekt hervorbringen, soll, liefert stündlich pro Quadratmeter 1500 Wärme-Einheiten; es sind demnach erforderlich:

$$\frac{3347 + 936 \text{ W.-Einh.}}{1500 \text{ W.-Einh.}} = \frac{4283}{1500} \text{ rot. } 2{,}86 \text{ qm}$$

Kachelfläche; der Sockel wird nicht als Heizfläche gerechnet.

In der Regel findet nun kontinuierliche Beheizung in Wohngebäuden nie statt; wenn aber der Kachelofen nur während der Tagesstunden Wärme abgeben soll, so sind obigen 3347 Wärme-Einheiten (nach Redtenbacher) noch 20 Proz. hinzuzufügen, so daß sich ergiebt:

der Wärmeverlust durch Transmission . .	4015 W.-Einh.
" " " Ventilation wie oben	936 "
Stündlicher Gesamtwärmeverlust	4951 W.-Einh.

Hiernach vergrößert sich die Heizfläche auf $\frac{4951}{1500} =$ rot. 3,1 qm. Es genügt daher ein Ofen von 3 Kachel Länge, 2 Kachel Breite und — ohne Sockel — 7 Schichten Höhe; sein Flächeninhalt ist

$$(3 + 2)\ 2\ .\ 0{,}20 \times 7\ .\ 0{,}23 = 3{,}22 \text{ qm}.$$

Ein gußeiserner Ofen von $\frac{4950}{2500} = 2{,}0$ qm Heizfläche würde denselben Effekt liefern, und eignet sich dazu wegen seiner gleichförmigen Wärmeabgabe ein guter Regulierofen, welcher die gewünschte Heizfläche besitzt.

Der auf Taf. 9 dargestellte größere Ofen von Geiseler genügt bei starker Ventilation auch für ein Zimmer von 180 cbm Inhalt, während das Zahlenbeispiel 120 cbm Inhalt voraussetzt.

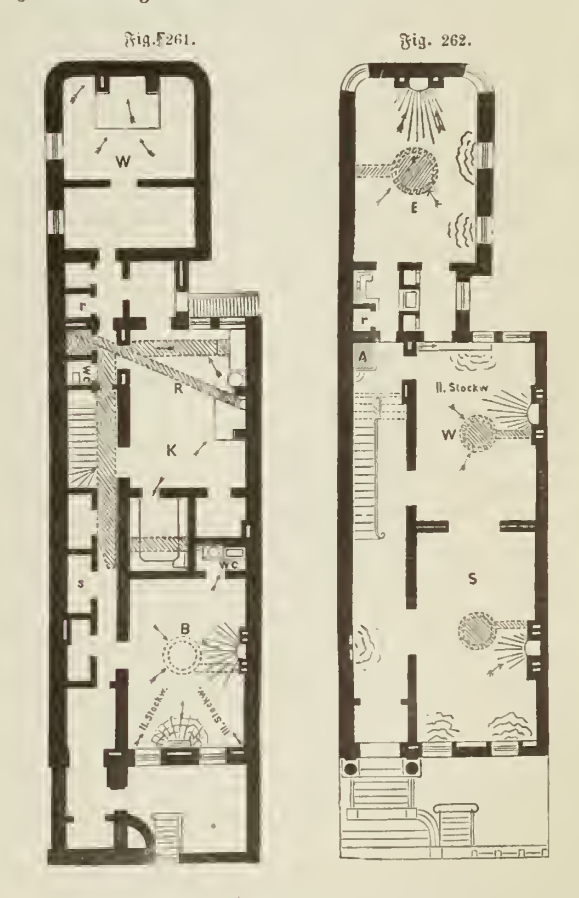
In England und in Amerika ist die Kaminheizung bekanntlich von jeher ganz besonders beliebt und für Wohnungen kaum durch eine andere Heizmethode zu verdrängen; das mildere Klima Englands und sein Reichtum an guten Steinkohlen begünstigen eben diese Sitte in hohem Grade; auch ist der Komfort, den der Kamin einem Raume verleiht, durch kein anderes Heizsystem zu erreichen, obwohl dabei thatsächlich nur 15 Proz. der aus dem Brennmaterial entwickelten Wärme durch Strahlung im Zimmer nutzbar gemacht werden. Die übrigen 85 Proz. entweichen mit den Verbrennungsprodukten in den Schornstein und liefern das Mittel, durch welches die verdorbene Luft der Wohnräume konstant abgesaugt wird. Auch imitiert das offene Feuer am meisten die Wirkung der Sonnenstrahlen und ändert die Beschaffenheit der Luft in keiner Weise. — Alles dies spricht also sehr zu Gunsten der Kaminheizung.

Was aber die allgemeinere Anwendung der Kamine verhindert, ist die ungleichmäßige Art der Wärmeverteilung[1]), welche nur die dem Feuer zugewendete Seite (d. h. Gesicht und Kopf) erwärmen, während ein Strom kalter Luft von den Fenstern her sich auf dem Fußboden hinzieht und Füße und Rücken durch Kälte belästigt, denn dieser kalte Luftstrom kann zuweilen eine Temperatur von nur wenigen Graden über Null haben.

In Amerika, wo die Kaminheizung ebenfalls sehr beliebt ist, pflegt man übrigens außer dem Heizkamin noch irgend einen anderen Heizkörper (Dampfregister, Schlangenröhren oder dergl.), und zwar in der Fensterbrüstung aufzustellen. Alle in der Brüstungsöffnung eintretende frische Luft wird hier etwas vorgewärmt, man hat also im Zimmer eine belebende Luft zum Atmen, während der Körper durch direkte Strahlung des Heizkörpers erwärmt und jeder Zug verhindert wird. Die eintretende reine und vorgewärmte Luft steigt aber bei ihrem geringen Wärmegrade auch nicht sogleich nach oben, sie thut es nur nach und nach in dem Sinne, wie sie erwärmt wird: die obere Klappe des Ventilationskanales kann konstant offen bleiben, und die schlechte Luft am Fußboden wird durch Öffnungen an der Schauerleiste, welche mit einem Kanal unter dem Fußboden korrespondieren, abgesaugt.

Im ganzen legt der Amerikaner mit seinem auf das Praktische gerichteten Sinne mehr Wert auf eine rationelle Lüftungsanlage in seiner Wohnung als wir Deutschen. Es wird dies wesentlich begünstigt durch die Form des amerikanischen Wohnhauses, das nur eine Familie beherbergt, obwohl auch das Mietshaus nach deutschem Zuschnitt nebenbei zur Geltung kommt.

Fig. 261. Fig. 262.



Wir entnehmen dem früher genannten Werke von L. W. Leeds den Plan für die Lüftung und Beheizung eines städtischen Wohnhauses. Fig. 261 stellt den Grundriß des „Basement“ und Fig. 262 denjenigen vom ersten Stock dar; über diesem befinden sich noch ein zweiter und dritter Stock, welche Schlafräume, Fremdenzimmer u. dgl. enthalten. Die Bestimmung der Räume ist aus den Grundrissen ersichtlich. Die Küche ist unterkellert und der Keller erhält

1) Um Verbesserung der Kamine hat sich der Ingenieur-Kapitän Douglas Galton verdient gemacht. Den Ventilationskamin von Douglas Galton haben wir — für deutsche Verhältnisse umgeformt — in § 23 beschrieben und auf Taf. 16 in Fig. 1—4 dargestellt.

sein Licht durch einen Einfallschacht im Hofraum; im Keller befindet sich der Warmwasser-Heizapparat.

Die Zimmer werden sämtlich mit direkter Strahlung geheizt, einige haben nämlich offene Kaminfeuer, andere werden durch Wasserspiralen erwärmt, an einzelnen Fenstern liegen Rohre im Fußboden. Die frische Luft gelangt in die Zimmer, nachdem sie sich, wie oben bemerkt, an den Heizröhren erwärmt hat; diese Einströmungsstellen sind durch Pfeile markiert. Die Abführung der von den Gasflammen entstammenden heißen Luft wird durch Ventilationsrosetten bewirkt, wobei die Verbrennungsprodukte auf kurzem Wege in Blechkanälen innerhalb der Balkendecke nach dem nächsten Rauchrohr ziehen. Die Kochküche mit Vorflur liegt im Basement. Damit der Hausflur und das Treppenhaus nicht durch die von der Küche ausgehenden Speisegerüche erfüllt wird, andererseits auch Küchendunst und Wärme leicht aus der Küche 2c. abgeführt werden können, ist seitlich in ziemlicher Entfernung vom Herde ein Lüftungsschlot A angebracht, welcher 0,80 zu 1,0 m Seitenabmessung enthält. Um einen guten Luftzug in demselben zu befördern, ist das Rauchrohr des großen Küchenherdes unter dem massiven Küchenfußboden entlang geführt und so angebracht, daß es die eine Wange des Ventilationsschlotes bildet; die abgehende Wärme der Verbrennungsprodukte wird daher eine konstante Luftverdünnung im Schlot hervorrufen. (Vorteilhafter wäre es, das Rauchrohr aus Eisen herzustellen und inmitten desselben aufzurichten.) Beide Teile, Schlot und Rauchrohr, sind 22 m hoch aufgeführt, wodurch ein starker, aufsteigender Luftstrom erzeugt wird.

Durch den großen Schlot werden im Basement der Küchenkorridor, die Spülküche S und zwei Klosetträume (W, C), ferner die Kochküche gelüftet; in der letzteren befindet sich der Abzug direkt über dem Spülfaß, und die Dunstleitung erfolgt überall durch Blechkanäle zwischen den Balken. Auch der offene Kamin im Billardzimmer dient zur Lüftung. — Im ersten Stock sind sämtliche Zimmer zu gleichem Zweck mit Heizkaminen versehen, während bei Abendbeleuchtung die obengenannten Deckenrosetten in Funktion treten. Zur Einführung frischer Luft dienen eine Anzahl Ventilationskanäle, welche in der Mauer ausgespart und mit nach innen gerichteten Pfeilen in den Grundrissen bezeichnet sind.

Da der Küchenkorridor und die Kochküche mit großen Ventilationsregistern in der Decke versehen sind, so wird beiden Räumen konstant eine ziemlich bedeutende Luftmenge entzogen und durch einströmende frische Luft ersetzt, welche im Sommer durch geöffnete Fenster und durch die Hausthür eindringt. Sind diese aber im Winter fest geschlossen, so wird die Luft aus den Gängen und angrenzenden Zimmern in die Küche strömen und von hier durch den Schlot A abgeführt werden. Im Sommer wird diese Methode sogar als schätzbares Mittel zur Abkühlung des Hauses verwendet werden, denn wenn die unteren Räume des Abends geschlossen sind, wird der Ventilationsschlot weiter funktionieren, die kühle Abendluft durch obere Fensterflügel in die Räume treten und deren Temperatur für die Nacht wesentlich herabstimmen.

Resumé. Die Lüftung der Küchen und Wohnräume des amerikanischen Hauses ist daher gut und nachahmungswert.

§ 77.

II. Lüftung der Schulen.

Volksschulen. Diese Gebäude, in denen sich täglich eine große Anzahl von Kindern versammelt, deren Reinlichkeit eine sehr verschiedene zu sein pflegt, macht es ganz besonders notwendig, daß die Luft des Schulraumes allezeit reinlich und frisch, aber dennoch frei von Zugluft sei, weil die Kinder in der Regel im erhitzten Zustande daselbst anzulangen pflegen. Je schlechter nun hier die Luft, desto größer die Gefahr der Ansteckung, welchem ihr zarter Organismus so leicht ausgesetzt ist.

Es war daher eine berechtigte Forderung der öffentlichen Gesundheitspflege, nachdem man überall an veraltete Zustände die bessernde Hand gelegt, daß auch in den Schulen die Beseitigung bestehender Übelstände und namentlich eine gründliche Umänderung des baulichen Organismus der Schule im Sinne der neueren Hygiene verlangt wurde. Auch die Techniker haben sich mit vielem Eifer dieser Angelegenheit bemächtigt, und wir sehen daher allerorten großartige Gebäude entstehen, welche der Jugendbildung gewidmet sind. In diesen Anstalten, welche den Kindern nur zu vorübergehendem (4—6stündigem) Aufenthalt dienen, pflegt erfahrungsmäßig der Raum pro Kind je nach seinem Alter 0,5—0,6 qm für Bank und Tisch zu betragen, und ebensoviel wird für die nötigen Gänge, für den Tisch des Lehrers und sonstige Schulrequisiten erfordert, so daß auf jedes Kind 1,0—1,2 qm Grundfläche bei 4 m Höhe zu rechnen ist. Der für ein Kind vorhandene Luftkubus beträgt daher 4—4,8 cbm.

Aber hiermit ist den Anforderungen an gute Luft im Schullokale keineswegs Genüge geschehen; dieselbe muß vielmehr in der Stunde 3—4 mal erneuert werden, so daß für jedes Kind stündlich im Durchschnitt 15—20 cbm frische Luft einzuführen und abzuleiten sind. Auf dieser Grundlage wird nun die Berechnung der Lüftungs-Vorrichtungen, der Querschnitt der Abzugskanäle und des Lüftungsschlotes erfolgen müssen.

Auch die Stellung des Gebäudes zur Sonne kann dabei nicht außer acht bleiben, sofern die Wahl des Platzes freigestellt ist. In großen Städten entscheidet bei Beschaf-

fung von Bauplätzen allerdings das lokale Bedürfnis und die finanzielle Rücksicht. Die Korridore der Schulen sollen aber stets nur auf einer Seite mit Klassen besetzt, auf der anderen mit Fenstern versehen und womöglich so eingerichtet sein, daß die Kleidungsstücke, welche die Kinder ablegen, darin hängen können. In der Schweiz und in München hat man Gaderoben neben den Schulzimmern angebracht, welche ebenfalls ventiliert werden können. Nasse Überkleider, Kopfbedeckungen, Schirme und Überschuhe müssen hier abgelegt werden, so daß im Schullokale von der Feuchtigkeit, die sich daraus entwickelt, nichts verspürt wird.

Endlich soll der von den Schülern in die Klassen getragene Staub täglich durch Abputzen der Subsellien und des geölten Fußbodens entfernt werden; auch die Wände sind einigemal im Jahre abzufegen.

Ideale Forderungen in Bezug auf Heizung und Lüftung der Schulen. Nach dem gegenwärtigen Standpunkt der öffentlichen Gesundheitspflege und auf Grund fortgeschrittener wissenschaftlicher Erkenntnis kann die Praxis freilich nicht in allen Teilen den gestellten Anforderungen gerecht werden, gleichwohl ist es angemessen, auch dieses ideale Programm hier aufzustellen.[1])

1) Die Temperatur soll in angemessener Höhe (auf höchstens 15° R.) erhalten werden können, ohne daß der Lehrer nötig hat, fortdauernd seine Aufmerksamkeit darauf zu richten.

2) Die Heizung soll so angelegt sein, daß die Temperatur eines jeden Schulraumes für sich, unabhängig von allen anderen Räumen, geregelt werden kann.

3) Die Temperatur soll an verschiedenen Stellen der Klasse, sowohl in der Horizontale als in der Vertikale, gleiche Differenzen zeigen.

4) Die zugeführte Luft soll in qualitativer Beziehung weder mit Staub, noch mit schädlichen Gasen oder Infektionsstoffen gemischt sein, noch in Betreff der Feuchtigkeit zu Ausstellungen Anlaß geben und in Betreff der Quantität so oft erneuert werden können, daß die Verunreinigung durch den Atmungsprozeß der Schüler nie eine die Gesundheit gefährdende Grenze erreicht.

ad 2) Die Forderung leichter Regulierbarkeit wird am besten durch Ofenheizung erreicht (denn der Vorzug des Kachelofens beruht auf der langsamen Wärmeabgabe bei starkem Reservations-Vermögen), wogegen die Centralluftheizung den Übelstand hat, daß die Erwärmung eines Raumes von der Erwärmung der übrigen Räume, die von derselben Kammer versorgt werden, mit abhängig ist. Auch schafft die Verschiedenheit der Lage und die wechselnde Windrichtung oft schwer zu beseitigende Übelstände.

Während nun in Bezug der Wärmeregulierung die Schwierigkeit auf Seiten der Luftheizung liegt, ist rücksichtlich der Ventilation die Lokalheizung in entschiedenem Nachteil, weil mit der Luftheizung Ventilation untrennbar verbunden ist, denn Heizluft ist Ventilationsluft.

In der Mitte zwischen Lokalheizung und Luftheizung steht die Wasserheizung; sie speichert, wie der Kachelofen, die Wärme auf, hat aber auf die Ventilation an und für sich keinen Einfluß.

ad 3) Diese Forderung wird am zuverlässigsten von der Luftheizung erfüllt, denn die in den Berliner Schulen angestellten Beobachtungen haben ergeben, daß die Temperaturzunahme vom Fußboden nach der Decke pro Meter der Höhe, unter normalen Verhältnissen,

bei Kachelofenheizung	1,30° C.,
bei Cirkulationsheizung	0,80—1,15° C.,
und bei gleichzeitiger Ventilation nur	0,42—0,62° C.

betragen hat.

Über die Bewegungsrichtung der ausströmenden Luft sind schon oben Mitteilungen gemacht worden.

Im ganzen hat sich bei Untersuchung von 104 Berliner Gemeindeschulen und 21 höheren Lehranstalten das Resultat ergeben: daß den Centralheizungen unbedingt der Vorzug vor der Lokalheizung zu geben ist, wenngleich auch erstere von der Erfüllung jener oben aufgestellten idealen Forderungen noch entfernt sind. Am besten werden diese erreicht durch die Wasserheizung mit Drucklüftung, welche den Klassen durch Filter oder Dampfstrahlen gereinigte, im Winter angemessen erwärmte, Luft zuführt.

Während sich in Deutschland die Lüftung der Schulgebäude ganz selbständig, ohne äußere, vom Auslande herrührende Einflüsse entwickelt hat, finden wir in Frankreich ziemlich allgemein das System der Aspiration in Verbindung mit Luftheizungs- und Mischkammern zur Anwendung gebracht. Dieses System ist auch für die Ventilation der beiden Amphitheater im Conservatoire des arts et métiers zur Anwendung gebracht und im nächsten Paragraphen besprochen.

Eine andere Konstruktionsmethode eigentümlicher Art ist die von dem Amerikaner Lewis W. Leeds erfundene.[1]) Er sucht die Mittel, durch welche die Natur eine Bewegung der Luft hervorbringt, nachzuahmen und nutzbar zu machen und geht von der Beobachtung aus; daß Sonnenstrahlen, welche auf feste Körper fallen, eine ruhige Luftbewegung längs der Oberflächen derselben hervorrufen. Hieraus wird gefolgert, daß die Hauptaufgabe der künstlichen Ventilation darin bestehen sollte, die Umfassungen eines Raumes zu erhitzen und dadurch eine analoge Wirkung auf die frische Zimmerluft hervorzurufen. Er schlägt zu diesem Zweck vor, die Wände und den Fußboden so hoch zu er-

1) Nach dem „Bericht über die Untersuchung der Heizungs- und Lüftungsanlagen in den städtischen Schulgebäuden“, in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Kommissions-Verlag von C. Beelitz 1879. 5 Bogen Oktav mit 11 Anlagen.

1) Nach Spon's Dictionary of engineering etc. London 1874. Div. VIII. In deutscher Übersetzung im I. Jahrgang des „Rohrleger“ Nr. 3 u. f.

wärmen, als dies durch die Sonne geschieht (auf 30 bis 32° C. und die Wände auf 43°—46° C.).

Um dem Fußboden dies Wärmequantum zuzuführen, leitet Leeds die verbrauchte Luft durch zahlreiche horizontale Kanäle im Fußboden ab und legt zur Unterstützung in einzelne derselben Dampfröhren. Die Erwärmung der Wände erfolgt ebenfalls mittels Dampfröhren, welche hinter einer Verkleidung von Schiefer-, Eisen- oder Thonplatten gelagert sind. In den Fensternischen befinden sich wegen des dort stattfindenden großen Wärmeverlustes besondere Dampfheizkörper aufgestellt. Die frische Luft wird durch die Fensterbrüstungen eingelassen mit nach oben gerichteter Strömung; hier mischt sie sich sofort mit der bereits vorgewärmten Zimmerluft. Zur Abführung der verbrauchten Luft sind inmitten des Gebäudes große Ventilationsschlote aufgeführt, welche von den Rauchröhren der Heizapparate durchzogen werden. Zur Sicherung der Saugwirkung werden außerdem noch Heizschlangen im Schlot angebracht.

Man rühmt an diesem System die beständige und gleichförmige Luftcirkulation in jedem Teil der zu heizenden Räume, das Fehlen jeglicher kalten Luftströmungen und die vom Schließen oder Öffnen der Thüren unabhängige Temperatur. Es sind dies offenbar große Vorzüge: für uns würde die Annahme dieser Prinzipien aber ein vollständig verändertes System der Deckenkonstruktionen bedingen; namentlich würde die Rücksicht auf Feuersicherheit vollständig gewölbte oder in anderer Art aus Eisen und unverbrennlichen Stoffen hergestellte Decken erfordern, welche in unseren Etagenbauten aus mancherlei Gründen bisher nicht Anwendung finden konnten.

Ausgeführte Beispiele.

Die Ventilations-Anlagen einiger neu erbauten Schulgebäude sind schon in dem vorhergehenden Kapitel gegeben worden und zwar im Zusammenhang mit den damit verbundenen Heizungs-Vorrichtungen.

A. Volksschulen.

a) Eine Anwendung der Luftheizung nach Kelling'schem System zeigt die Heizungs-Anlage der Volksschule am Albanithor in Göttingen, Taf. 26—28, § 46. im Text. Die verschiedene Wirkungsart der Winter-, Frühjahr- und Herbst-, sowie der Sommerventilation sind daselbst speciell besprochen; die Abführung der verbrauchten Luft wird durch Deflektoren unterstützt.

b) Taf. 38 giebt in Fig. 1—5 die Anlage einer Warmwasser-Niederdruckheizung im Schulhause zu Westerwik in Schweden. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt durch einen Aspirationsschacht, wecher von dem Rauchrohr der Kesselfeuerung erwärmt wird.

c) Die Lüftungs-Anlage einer durch Niederdruck-Wasserheizung erwärmten Berliner Kommunalschule ist in Fig. 247 des Textes dargestellt. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt wie bei b.

B. Höhere Lehranstalten.

d) Auf Taf. 39 und S. 148 u. 149 im Text haben wir bereits die Anlage der Warmwasser-Mitteldruckheizung in der neuen Realschule zu Darmstadt beschrieben. Der Luftbedarf war programmmäßig pro Kopf und Stunde auf 11 cbm festgesetzt. Die Vorwärmung der eingeführten Luft erfolgt durch eine besondere Heißwasser-Heizung bis zu dem Wärmegrade der Zimmerluft (20° C.). Die Lüftung ist vollständig von der Heizung getrennt, und ist damit der Vorteil verbunden, daß jedes Zimmer sein wohl bemessenes Quantum frischer Luft empfängt und diese infolge geringer Erwärmung ihre ursprüngliche Reinheit behält. Die Abführung der verbrauchten Luft erfolgt in gemauerten Kanälen bis über Dach, uud ihr Abzug wird durch Deflektoren unterstützt.

Anm. Eine zweckmäßige Ventilationsanlage hat der Ingenieur Johannes Haag in Augsburg für die höhere Töchterschule am Schletterplatz in Leipzig eingerichtet. Auch hier ist die Heizung (Mitteldruck-Wasserheizung) von der Lüftung getrennt. Die Zimmer, welche nach einer und derselben Himmelsrichtung liegen, haben je für sich ihre getrennte Feuerung erhalten.

Die Einrichtung ist nun so getroffen, daß die Klassenzimmer des Morgens direkt angeheizt werden und die Lüftung erst in Gang gesetzt wird, wenn die Klassen gefüllt sind. Die Erwärmung der frischen Luft, welche über Kopfhöhe in die Zimmer eintritt, erfolgt durch Warmwasserheizröhren nur bis zu + 20° C.; die verbrauchte Luft wird (im Winter) durch Öffnungen am Fußboden in vertikal absteigende Kanäle geleitet, welche in den Sammelkanal münden, der sie zum Lüftungsschlot leitet. Letzterer wird durch den eisernen Schornstein des Heizapparates erwärmt. Im Sommer dagegen zieht die verbrauchte Luft durch Öffnungen unter der Zimmerdecke in gemauerten Kanälen bis nach dem Dachraume, und von dort wird sie mittels Deflektoren über Dach gesaugt. Die Regelung des zu- und abströmenden Luftquantums kann vom Souterrain aus durch den Heizer geschehen. — Hier befindet sich auch die Lufterwärmungskammer für die ankommende frische Luft; an einem Winkelthermometer kann der Heizer jederzeit die Temperatur der vorgewärmten Luft ablesen, während die Temperatur der Schulräume vom Korridor her durch Wandschlitze, in denen innerhalb des Zimmers Thermometer hängen, kontrolliert wird.

C. Zeichensäle für Tages- und Abendbenutzung.

Eine besondere Aufmerksamkeit ist denjenigen gewerblichen Schulen zu widmen, in welchen auch Abendunterricht erteilt wird, und die daher vorzüglich beim Zeichnen eine sehr starke Beleuchtung erfordern. Da nun reichlich angebrachte Gasflammen die Temperatur eines Saales mehr als nötig erhöhen, so muß durch zweckmäßig angebrachte Abzugsöffnungen, verbunden mit reichlicher Luftzufuhr, die Wirkung der Verbrennungswärme des Gases abgeschwächt werden.

Wollte man hier die Abzugsöffnungen wie gewöhnlich am Fußboden anbringen, so würden die Zeichner sich konstant in einer Temperatur von 30—35° C. befinden und außerdem von den Verbrennungsgasen belästigt werden. Um dies zu verhindern, müssen die verstellbaren Abzugsgitter möglichst in der Decke, und wo dies nicht angänglich, unter derselben angebracht werden und außerdem muß für Zuführung frischer Luft in Höhe von mindestens 2—3 m über dem Fußboden gesorgt werden.

Wird ein solcher Saal jedoch vorwaltend bei Tage benutzt, und ist er mit „Abzug von unten" versehen, so thut man gut, auch für den Abendunterricht diesen Weg der Cirkulation beizubehalten, um die Verteilung der eingeströmten frischen Luft zu erleichtern. Man erhält dadurch eine doppelt wirkende Lüftung, eine solche für die leichten Verbrennungsgase der Beleuchtung, die nach oben steigen und dort entweichen, und eine zweite zur Luftreinigung der unteren Schichten.

Der Querschnitt der Abzugsöffnungen ist zu bestimmen unter der Annahme, daß die Temperatur der Verbrennungsluft 35° beträgt. Das frisch eintretende Luftvolum bestimmt sich aus der Menge der stündlich durch die Flammen erzeugten Wärme (vergl. S. 188, Nr. 2, Gasbeleuchtung) und aus der Temperatur der Luft bei ihrem Eintritt in den Saal. Diese letztere darf nicht höher als 15° C. sein, und die von den Schülern erzeugte Wärme darf die Temperatur des Saales nicht über 20° bringen. Auf solche Art kann man die Temperatur der Saalluft mit 20° und diejenige des Lüftungskanales mit 35° in die Rechnung einführen; kennt man noch die Temperatur der Außenluft und die Höhe des Schornsteins, so ist nach § 43 der Querschnitt des Abzugschlotes leicht zu bestimmen.

§ 78.

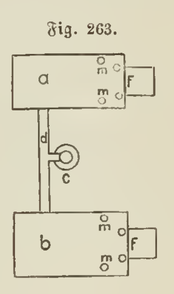
III. Lüftung von Auditorien und amphitheatralischen Hörsälen.

Im allgemeinen gelten auch bei den Schulen für Erwachsene, den Hörsälen der Hochschulen und Universitäten die in § 77 aufgestellten Grundsätze, mit der Maßgabe, daß Luftkubus und Luftbedarf nach der Morin'schen Tabelle — soweit sie nicht etwa durch das besondere Bedürfnis zu verändern sind — festgestellt werden.

Beim Bau der beiden Amphitheater des Konservatoriums in Paris wurde das stündlich pro Zuhörer erforderliche Luftquantum auf ca. 25 cbm festgesetzt; Zu- und Abführung der Luft sollte lediglich durch Absaugen erfolgen. — Die beobachteten und publizierten Resultate dieser, nach Morin's Angaben [1]) ausgeführten, Heizungs- und Lüftungsanlage ergaben eine große Regelmäßigkeit der inneren Lufttemperaturen und eine Abflußmenge von mehr als 3000 cbm Luft pro Stunde bei einer auf beide Auditorien verteilten Zahl von 1000 Zuhörern.

Für die beiden Amphitheater a und b (Fig. 263) ist in der Mitte des Hofes ein gemeinschaftlicher Evakuationsschlot c errichtet. Derselbe ist nach oben verjüngt, hat 18 m Höhe, 2,6 m unteren und 2,1 m oberen Durchmesser. An seinem Fuße münden die beiden Kanäle ein, welche die verdorbene Luft aus den beiden Auditorien

Fig. 263.



abführen; sie haben bei 2,48 m Höhe einen freien Querschnitt von je 2,59 qm und kommunizieren mit den Abzugsöffnungen in den Terrassen der Sitzreihen. Zwei Thüren an der Einmündung des Kanales in den Schornsteinen dienen — je nach Bedürfnis — zur Regulierung des Zuges im Lüftungsschlot. In 1,6 m Höhe über der Sohle des Schlotes liegt der Rost für die Aspirationsfeuerung, dessen totale Fläche 1,502 qm beträgt.

Die frische Luft wird möglichst entfernt von den Zuhörern in den Saal eingeführt, d. h. durch die Decke, und die Einrichtungen sind so getroffen, daß sie mit einer Temperatur eintritt, die nur wenig höher als diejenige des Saales ist. — Die Dachsparren sind verschalt und geputzt, und ist dadurch über der Decke eine Luftkammer geschaffen, in welcher die Mischung der warmen und der oberhalb zutretenden kalten Luft vor sich geht. Dieser Raum ist in zwei Abteilungen gebracht, eine größere für den Saal und eine kleinere für die Vorräume. Die erstere erhält die warme Luft aus der Heizkammer durch einen Heizkanal von 1 qm Querschnitt, der sich in Höhe des Bodenraumes horizontal fortsetzt und endlich bis zur vollen Breite der Luftkammer erweitert. Um nun die Temperatur der Heizluft nach Maßgabe der Außentemperatur zu mäßigen, ist eine breite, mittels Klappen verstellbare Öffnung von 5,95 qm Querschnitt im Dachwerk angebracht, durch welche mit Hülfe von Stellklappen ein größeres oder geringeres Quantum frischer Luft eintreten kann. Die Summe der Zuströmungsquerschnitte für die warme und kalte Luft ist demnach 6,95 qm. Diese Luft wird lediglich durch die saugende Wirkung des Schlotes angelockt, mischt sich in der Luftkammer und tritt mit einer mittleren Temperatur in den Saal ein.

Der Kanal für warme Luft, welcher die kleinere Kammer versorgt, hat 0,48 qm Querschnitt, und die Registeröffnung der kalten Luft 2,25 qm, zusammen 2,73 qm, so daß überhaupt der Einströmungsquerschnitt der beiden Mischkammern

$$6{,}95 + 2{,}73 = 9{,}68 \text{ qm}$$

beträgt. Das Volum der stündlich eingeführten Luft betrug circa 18000 cbm oder pro Sekunde 5 cbm. Die mittlere Durchgangs-

1) Ausführliche Zeichnungen giebt Morin in seinen Études etc. und Wazon, Rapports etc. Taf. V.

geschwindigkeit in den Eintrittsöffnungen ist daher: $\frac{5{,}00}{9{,}68} = 0{,}51$ m in der Sekunde, also eine außerordentlich mäßige.

Die warme Luft der Mischkammer tritt durch 11, im Plafond gleichmäßig verteilte Öffnungen ein, welche zusammen 11,737 qm freien Durchgangsquerschnitt darbieten. Da nun pro Sekunde 5 cbm geliefert werden, so beträgt die mittlere Einströmungsgeschwindigkeit der warmen Luft 0,42 m, welche um so weniger lästig werden kann, als die letztere nur wenig höher erwärmt ist, als die Luft des Saales.

Obwohl der Effekt der Anlage ein relativ recht guter ist, dürfte doch die Anordnung nicht in allen Stücken nachahmenswert sein, weil man während der Sommermonate nicht im stande ist, den Zuhörern auch eine abgekühlte Luft zuzuführen. Der Bodenraum ist nämlich im Sommer sehr heiß, und möchte sich daher für diese Jahreszeit etwa eine entgegengesetzte Luftbewegung, d. h. Eintritt der Luft durch die Stufen vom Souterrain her und „Abzug von oben" empfehlen. Im anderen Falle müßte für Kühlung durch Maschinen gesorgt werden, was im Dachraum nur in seltenen Fällen angänglich sein wird. Vorteilhafter gestaltet sich nach dieser Richtung die Sommerventilation in dem auf Taf. 42—45 gegebenen Beispiele.

Der große Hörsaal des physiologischen Instituts zu Berlin (vergl. den Durchschnitt Taf. 45) wird ebenfalls durch Dampfluftheizung erwärmt. In halber Höhe, d. h. unter dem Fußboden der Gallerie, tritt die Heizluft durch 14 kleinere und 2 größere Ausströmungsöffnungen mit zusammen 1,559 m Querschnitt ein. Die frische Luft wird mittels zweier Einfallschächte aus dem geräumigen, gartenähnlichen Hofe der Anstalt entnommen (vergl. Anwendungen § 62) und zwar wird sie beim Betrieb der Heizung in die Luftkammern gesogen. Wenn die Heizung ruht, erfolgt die Luftzuführung auf demselben Wege, aber mit Hülfe des Ventilators (durch Pulsion). Das stündlich abzuführende Luftquantum beträgt 4000 cbm. Die Einströmungsgeschwindigkeit ist demnach $\frac{4000}{3600 \,.\, 1{,}55} = 0{,}77$ m.

Die Regelung der Temperatur des Saales erfolgt (unter Mitwirkung von Kontaktthermometern) vom Souterrain her durch Einstellung der Mischklappen. — Die Heizungsanlage ist im § 62 ausführlich beschrieben.

§ 79.

IV. Die amphitheatralisch gebauten Sitzungssäle der Parlamente

sind bisher nach zwei verschiedenen Prinzipien ventiliert worden, entweder mit „Abzug von unten" oder mit Zuströmung von unten und „Abzug von oben". Bis zum Ausgang der fünfziger Jahre galt es als unumstößliches Dogma, daß die frische Luft von unten zuströmen müsse, und dies Prinzip wurde denn auch beim Bau des Parlamentshauses in London mit allen damals bekannten Mitteln zur Anwendung gebracht.

Die frische Luft wird in diesem Gebäude von der Themseseite her entnommen, tritt in die geräumige Mischkammer, passiert — je nach der Jahreszeit oder dem Bedürfnis — einen Sprühregen und erwärmt sich dann an Gourney'schen Dampfbatterien. Durch Klappenstellung kann das Verhältnis zwischen erwärmter und kalter Luft beliebig geändert werden.

Nachdem Staubteile und unreine Stoffe in einem Gasefilter zurückgeblieben sind, steigt die Luft gereinigt und auf einen angemessenen Grad erwärmt, aufwärts nach dem Sitzungssaale. Die Einlaßöffnungen befinden sich im Fußboden des Saales und sind mit Gitterwerk versehen, über welches Haarteppiche gelegt sind, die man von Tag zu Tag wechselt und reinigt. Zwischen dem Sprecher und Heizer ist eine telegraphische Verbindung hergestellt, denn da die Zahl der anwesenden Mitglieder fortwährend wechselt, muß die Regulierung der Temperatur und der Ventilation unter dessen unmittelbarer Kontrolle gehalten werden. Ist das Haus leer, so werden Reserveheizapparate in Thätigkeit gesetzt.

Die verdorbene Luft wird durch vergitterte Öffnungen in den Kassetten der Decke mittels Absaugen entfernt, außerdem leistet die Gasbeleuchtung, welche in beiden Häusern unter der Decke angebracht ist, wirksame Dienste für Entfernung der verdorbenen Luft.

In den letzten beiden Decennien hat man sich mit Entschiedenheit für den „Abzug der Luft von unten" ausgesprochen, um Verunreinigung der Saalluft durch das Aufwirbeln des hineingetragenen Staubes zu verhindern. Die Schwierigkeit der Abführung von Verbrennungsprodukten der Gasbeleuchtung wird dann (wie auf Taf. 45) durch die Verlegung der Gasbrenner oberhalb der transparenten Saaldecke umgangen. Ein noch günstigeres Mittel aber ist geboten durch die Anwendung elektrischer Beleuchtung (vergl. § 68), deren Wärmeentwickelung eine höchst unerhebliche im Verhältnis zur Leuchtkraft ist.

Als Beispiele nennen wir:

I. Das Palais de la Nation zu Brüssel.[1]) Die Heizungs- und Ventilationsanlagen desselben sind nach dem Plane des Professor **Pauli** zu Gent ausgeführt. Die Heizung geschieht durch Warmwassercirkulation und die Ventilation wird durch einen Ventilator von Guibal (§ 73, Abs. 4) mittels Pulsion bewirkt. Taf. 48 giebt einen Teil vom Querschnitt und Längenschnitt des Gebäudes. In diesem erkennen wir bei d den Guibal'schen Ventilator, b und b' sind Teile des Luftzuführungsschachtes, der sich bis unter das Dach hinaufzieht. E ist das Expansionsgefäß der Wasserheizung. Zum Betriebe des Ventilators dient eine Lenoir'sche Maschine von drei Pferdekraft. Das Wasser wird mit Hülfe zweier Kessel erwärmt, und die Cirkulationsrohre befinden sich zum Teil in dem vertikalen Luftzuführungsschlot b und zum Teil in dessen horizontaler gewölbter Fortsetzung m. In dieser letzteren mischt sich die aufgestiegene Heizluft mit der bei s eintretenden kalten

1) Nach Mitteilungen des Prof. H. Valerius zu Gent in dessen „Applications de la Chaleur." III. Edition. Paris 1879.

Luft des Schachtes b': der Raum m ist also als **Mischkammer** zu bezeichnen.

Der Sitzungssaal wird in seinem ganzen Umfange von einem ringförmigen Kanal o umgeben. Durch die Öffnungen q, welche das Deckengesims in kurzen Abständen durchdringen, tritt die angemessen erwärmte Luft aus dem Sammelkanal o mit einer Geschwindigkeit von höchstens 0,70 m in der Sekunde ein. Durch Schieberverschlüsse ist für gleichmäßige Verteilung und Mischung der warmen und kalten Luft derart gesorgt, daß eine vorgeschriebene Normaltemperatur innegehalten werden kann.

Die verbrauchte Luft entweicht durch Öffnungen q' in den Stufenabsätzen der Sitzreihen, und der Raum unterhalb des terrassenförmigen Podiums kommuniziert mit zwei vertikalen Schächten h, welche in die Kanäle g eingeleitet sind und die schlechte Luft nach der Saugesse e führen, deren Zug durch das eiserne Schornsteinrohr e' der Kesselanlage wesentlich unterstützt wird.

Berechnung der Ventilationskanäle. Die Querschnitte der Abzugskanäle sind so gewählt, daß die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde folgende Zahlen nicht überschreitet:

Für die Öffnungen q[1]	0,70 m,
„ „ vertikalen Kanäle h	1,60 m,
„ „ horizontalen Leitungen g	1,50 m,
„ den Aspirationsschlot e	2,00 m.

Die Ventilation des Sitzungssaales wurde berechnet zu 400 Personen, und zwar zu 30 cbm pro Kopf und Stunde; das stündlich einzuführende Quantum frischer Luft ist also 12000 cbm pro Stunde oder pro Sekunde 3,33 cbm. Die Geschwindigkeit, mit der diese Luft in den Saal eintritt, soll 0,70 m nicht überschreiten, der totale Querschnitt der Einströmungsöffnungen ist demnach 3,33 : 0,70 = 4,75 qm, und da die Anzahl der Öffnungen 34 beträgt, muß der freie Querschnitt einer jeden etwa 0,14 qm betragen.

Die Geschwindigkeit der reinen Luft im Ventilationsschacht b ist 1 m per Sekunde, der Querschnitt dieses Schachtes ist daher 3,33 qm.

Die **verbrauchte** Luft bewegt sich mit 0,70 m Geschwindigkeit in der Sekunde, der gesamte Abzugsquerschnitt der Evakuationsöffnungen beträgt demnach 3,33 : 0,70 = 4,75 qm, so daß jede der 104 Öffnungen bei oblongem Querschnitt 0,14 . 0,30 Seitenabmessung erhält.

Die Geschwindigkeit in den horizontalen Leitungen war auf 1,50 m per Sekunde festgesetzt, wonach die Summe ihrer Querschnitte 3,33 : 1,50 = 2,22 qm beträgt.

In gleicher Art ist der Querschnitt des Lüftungskamines zu 3,33 . 2,00 = 1,66 qm bestimmt worden.

Bestimmung der Heizflächen. Es wurde im Programm festgestellt, daß die Temperatur des Saales konstant auf 18° bei — 5° Außentemperatur gehalten werden solle (welches nahezu die in Belgien beobachtete niedrigste Wintertemperatur bezeichnet). Hiernach wird bei einer stündlichen Luftzuführung von 12000 cbm der Wärmeverlust bei 23° Temperaturdifferenz sich beziffern auf:

12000 . 1,30 . 23 . 0,237 = 85000 Wärme-Einheiten,

und wenn man in den Leitungen vom **Guibal**'schen Ventilator bis zu den Ausströmungsöffnungen einen Wärmeverlust von 25 Proz., d. h. rot. 21000 Wärme-Einheiten annimmt, so wird der stündliche Gesamtwärmebedarf 85000 + 21000 = 106000 Wärme-Einheiten betragen.

Andererseits kann man annehmen, daß jeder Quadratmeter Warmwasser-Cirkulationsrohr stündlich 400 Wärme-Einheiten abgiebt, die erforderliche Heizfläche berechnet sich daher auf:

106000 : 400 = 265 qm.

Prof. **Pauli** behauptet, ohne es jedoch nachzuweisen, daß der Wärmeverlust infolge Transmission der Umschließungswände durch die von den 400 Personen entwickelte Wärme ausgeglichen werde; andernfalls würden dazu etwa $^1/_2$ der obigen Heizfläche, also 132 qm nötig sein.

Nach dieser Annahme beträgt die Gesamtheizfläche 265 + 132 = 397 qm. Bei Anwendung von 0,14 m weiten Röhren ist also eine Röhrenlänge von 882 m erforderlich, und diese Dimension ist in der Ausführung auch effektiv vorhanden.

In den Sommermonaten, wo die Heizung **nicht** in Thätigkeit ist, wird auf einem besonderen Herde ein Lockfeuer entzündet und dadurch das eiserne Rauchrohr e' für die Ventilation in Thätigkeit gesetzt. — Wenn der Saal nicht in Gebrauch ist, werden die Schleusen c' und c" der Windröhren am Ventilatorgehäuse und die Klappe l der Leitungen g geschlossen, um unnütze Wärmeverluste zu vermeiden.

Hauptabmessungen des Ventilators. (Vergl. auch § 74, S. 204) R = 1,50, r = 0,50 m; l = 1,50 m; Peripherie-Geschwindigkeit der Flügel ca. 10 m, also s = 3,33 m : 5 = 0,66 m. S der Querschnitt des Ventilationsschlotes an der Austrittsstelle 2,66 qm.

Die Geschwindigkeit der Luft bei S ist ungefähr 1 m, die **Arbeitsleistung** pro Sekunde[1]) ungefähr 8 Kilogrammmeter.

II. **Das provisorische Reichstagsgebäude zu Berlin** giebt ein ferneres interessantes Beispiel einer durch mechanische Mittel unterstützten Ventilation. Auch hier ist die Bewegung der Luft im Sitzungssaale, wie im ebengenannten Falle, lediglich „**nach abwärts**" gerichtet, es findet aber die Ausströmung derselben nicht dicht unter der Decke des Saales, sondern in 4 m Abstand von derselben statt. Die Einrichtung der Heizungs- und Ventilationsanlage wurde durch die Aktiengesellschaft für Centralheizungsanlagen in Berlin ausgeführt und ist in der Hauptsache auf **Taf. 49** dargestellt.[2])

Die **frische Luft** gelangt gewöhnlich durch die Öffnungen d, d von dem Garten des anstoßenden Herrenhausgrundstückes in die Korridore B, B' des Kellergeschosses; jedoch ist bei A ein Thürabschluß angebracht, um bei Bedarf auch mittels zweier Ventilatoren von **Schiele** frische Luft eintreiben zu können. Aus den Korridoren tritt die Luft in der Richtung der Pfeile in die durch Dampfröhren erwärmten Heizkammern. Für gewöhnlich wird nur die größere Kammer an der linken Seite benutzt; in der wärmeren Jahreszeit findet die Zuführung von frischer Luft auf beiden Saalseiten statt.

---

1) Diese **Arbeitsleistung** ist das Produkt aus dem in einer Sekunde debitierten Luftvolum in die Depression einer Wassersäule in Millimetern, welche dem Überdruck das Gleichgewicht hält. —

2) Vergl.: E. **Häseke**, „**Theoretisch praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung**". Berlin 1877. A. Seydel.

Über dem Korridor B^I und andererseits über den Zuführungen Z Z zur rechtsseitigen Heizkammer liegen der Länge nach die Mischkammer C, C^I, durch welche die Luft nach den vertikalen Kanälen passieren muß, um nahe der Decke und in Höhe von 9,4 m über dem Podium an jeder der beiden Saalseiten durch acht kreisrunde, mit Ornament versehene Öffnungen von 1,2 Durchmesser auszuströmen. In die Kammer C' kann von unten her durch eine Anzahl Öffnungen, welche durch verstellbare Klappen reguliert oder abgeschlossen werden können, auch kalte Luft eintreten, um eine Mischung der Heizluft zu bewirken. Zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Temperatur in allen vertikalen Kanälen ist die linksseitige Kammer durch Zwischenwände in so viel Abteilungen gebracht, als Vertikalkanäle resp. Ausströmungen vorhanden sind.[1]) Durch Thermometer, welche am oberen Teil der Kanäle angebracht sind, läßt sich der Temperaturstand kontrollieren, und die Einströmung frischer Luft in die Heizkammern wird ebenso durch Klappen geregelt wie die Mischung der warmen und kalten Luft; diese Mischung ist nötig, weil die Temperatur im Saale vor Beginn der Sitzung nicht mehr als 13 $^1/_2$ ^{0} R betragen darf, und die Luft nur 1^0 wärmer ausströmen muß, damit einerseits nicht Zug empfunden wird, andererseits auch die Temperatur nicht zu schnell steigt.[2])

Die Luft bewegt sich, nachdem sie die Ausströmungsgitter verlassen hat, im Saale abwärts. Hierbei wird, infolge der starken, nach unten gerichteten Absaugung, nur im unteren Teil der Rosetten eine Luftbewegung wahrgenommen, was einen Rückschluß auf die mäßige Ausströmungsgeschwindigkeit gestattet. Rechnet man hiernach als freien Querschnitt nur die Hälfte der Ausströmungsöffnungen, so ergiebt sich bei 0,5 m Ausflußgeschwindigkeit ein stündlich zugeführtes Luftquantum von 9,043 qm × 0,5 m × 3,600 = rot. 16,000 cbm, so daß bei Anwesenheit von 600 Personen etwa 23 cbm stündliche Luftzufuhr auf eine Person kommen. —

Die verbrauchte Luft gelangt, wie aus nachstehenden Angaben hervorgeht, durch zahlreiche Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen der Sitzreihen des Saales nach dem Raume unterhalb des Podiums und von hier in der Richtung der Pfeile in die Korridore D D und nach dem Aspirationsschlot, der durch einen großen Schüttofen stark erwärmt wird. Die Tribünen haben ihre gesonderte Luftabführung durch zahlreiche Gitter in den Futterstufen der Sitzreihen erhalten.

1) Von den im Grundriß angedeuteten Kanälen der Kammer B' B vereinigen sich oberhalb je zwei zu einem Kanal, so daß auch hier nur acht Ausströmungsrosetten vorhanden sind.

2) Während der Sitzung steigt die Temperatur im Mittel stündlich um einen Grad.

An Luftabführungsöffnungen sind folgende vorhanden:

29	Gitteröffnungen auf Tribüne I (über Korridor D D)	0,8333 qm,
47	Gitteröffnungen auf Tribüne II rechts . .	1,8035 „
43	„ „ „ III (gegenüber von I)	1,4505 „
	Zusammen auf den Tribünen	4,0873 qm.
2266	kreisförmige Öffnungen in den vertikalen Stufenabsätzen des Saales à 3,5 cm Diameter	2,8072 qm,
18	Gitter zu beiten Seiten der Rednertribüne	0,8274 „
6	Gitter in den Ecken des Saales . . .	0,6147 „
	Zusammen im Saal	4,2493 qm.

Hiernach haben die gesamten Abzugsöffnungen 8,3366 qm Querschnitt,

denen gegenüber stehen die oben genannten 16 Zuströmungsrosetten, welche jedoch nur mit der unteren Hälfte in Rechnung zu stellen sind, also mit:

9,043 qm.

Zum Eintreiben der frischen Luft in die Kammern werden, wie erwähnt, zwei Ventilatoren von Schiele in Frankfurt a. M. benutzt, mit Ausblaseöffnungen von 0,39 m Weite; die Flügel haben 0,75 m Durchmesser, und jeder der Ventilatoren liefert pro Minute etwa 120 cbm Luft, welche durch eine unterirdische Thonrohrleitung von 31 m Länge bei 0,52 m Durchmesser nach den Heizkammern getrieben wird. — Zum Betriebe dient eine liegende Dampfmaschine von 8 Pferdekraft mit 25 cm Cylinderdurchmesser, 0,40 cm Hub und mit Expansionsregulator.

Die beiden Dampfentwickler zum Betrieb der Maschine ꝛc. haben je 6,37 m Länge, 1,41 m Durchmesser und, einschließlich der beiden Feuerrohre von 0,44 m Diameter, 31,01 qm feuerberührte Fläche.

Kosten dieser Heizungs- und Lüftungsanlage.

1)	Dampfkessel-, Maschinen- und Lüftungsanlage	ℳ 18,666.
2)	87 qm 8 cm weite Dampfrohrleitung, inkl. Heizeinrichtung der Kammern . .	„ 25,590.
3)	Windrohrleitung, Luftab- und Zuführungen, inkl. Regulierungsvorrichtungen	„ 2,829.
		ℳ 47,085.

§ 80.

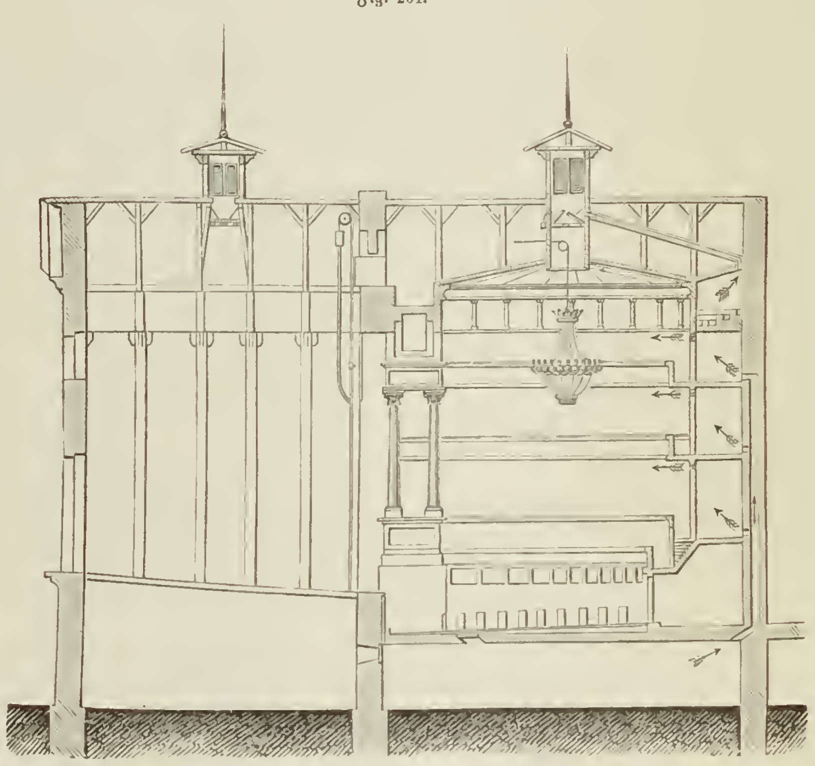
V. Lüftung der Theater.

Eine der schwierigsten Aufgaben für den Heiztechniker bildet die Lüftung der Theatergebäude. Hier handelt es sich nicht darum, wie in den vorgenannten Fällen, einen einzigen großen Versammlungssaal oder einen Komplex getrennter Räumlichkeiten auf normaler Temperatur zu erhalten, resp. mit angemessenen Lüftungseinrichtungen zu versehen; sondern es müssen die drei Hauptbestandteile des Gebäudes, der Zuschauerraum, die Bühne und die Foyers so hergerichtet sein, daß sie zeitweise getrennt und bald darauf durch weite Öffnungen verbunden werden können, ohne daß in einem der Teile unbequeme Luftströmungen entstehen oder (bei eintretender Trennung) die Temperatur sich erheblich steigert. Zu diesen Schwierigkeiten gesellen sich diejenigen, welche aus der Einwirkung einer höchst beträchtlichen Anzahl Gasflammen entstehen, die teils in der Nähe der Decke, teils am Proscenium und auf der Bühne verteilt und, je nach dem scenischen Erfordernis, mannigfachem Wechsel unterworfen sind. Endlich bietet die eigentümliche Einrichtung des Zuschauerraumes mit den übereinander aufgebauten Ranglogen und der wechselnden Zuschauerzahl eins der Hindernisse, welche die rationelle Lösung der Aufgabe erschweren. Es kann daher nicht auffallen, wenn von den bisher aufgetauchten Projekten zur Lüftung der Theater keines den komplizierten Ansprüchen in allen Stücken gerecht geworden ist, obwohl die neuesten Ausführungen erfreuliche Resultate ergeben haben. Wir begnügen uns hier, kurz den gegenwärtigen Stand der Theaterventilation durch einige hervorragende Beispiele neuerer Konstruktion klarzustellen.

Geschichtliche Vorbemerkungen.

1) Der erste, der sich eingehend mit der Lüftung der Theater beschäftigte, war Darcet. Er benutzte, in richtiger Erkenntnis der Sachlage, die von dem Kronleuchter abgehende Wärme zur Abführung der verdorbenen Luft und stellte über der Lüsteröffnung ein weites, hohes Rohr als Abzugsschlot für die verdorbene Luft des Zuschauerraumes auf (Fig. 264). Ein ähnlicher Schlot wurde über der Mitte des Bühnenhauses aufgestellt, um dieses nach Erfordern schnell von Rauch und Pulverdampf befreien zu können. Die frische Luft trat in dünnen Strömen durch kleinere Löcher im Fußboden des Parterre und durch Öffnungen in der Logenrückwand in den Zuschauerraum ein; sie wurde vorher in Heizkammern erwärmt und gelangte daher im Winter vorgewärmt (im Sommer kühl) in den Saal. Aber die Zuschauer verstopften die Öffnungen im Fußboden, da ihnen der eintretende warme resp. kalte Luftstrom unbequem war, und bei geöffnetem Vorhang äußerte sich die Ventilation lediglich auf der Bühne, indem ein starker Luftstrom von dort nach der Kronleuchteröffnung hin sich geltend machte, der die Akustik beeinträchtigte, indem er die Schallstrahlen

Fig. 264.



ablenkte. Die Ventilation des Zuschauerraumes war zum großen Teil unwirksam.

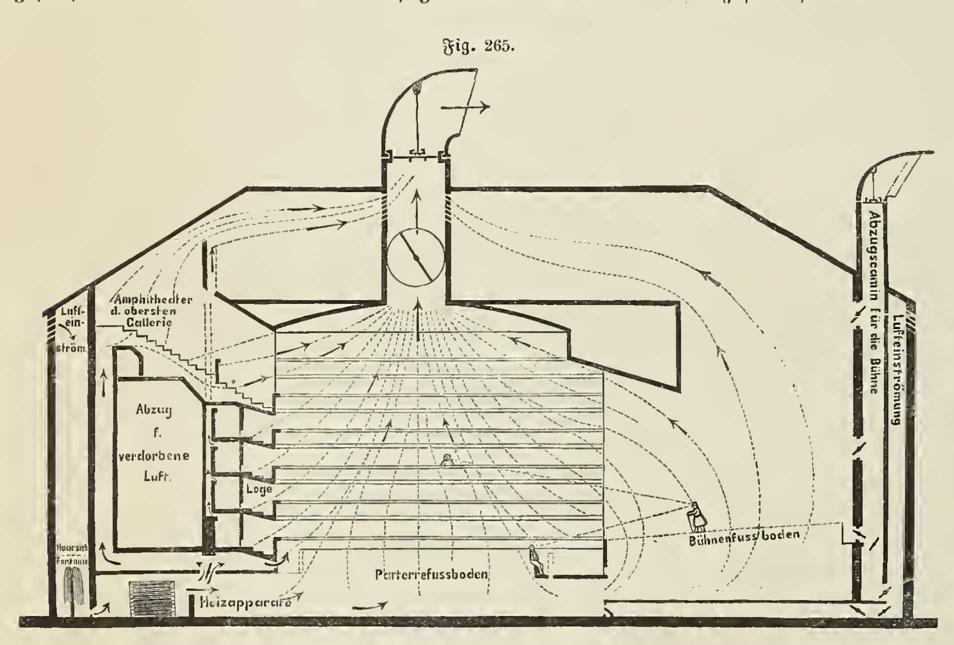
Zur Abhülfe dieses Übelstandes legte Darcet bei späteren Einrichtungen ringsum in der massiven Logenrückwand hinreichend viele Ventilationskanäle für die verdorbene Luft an[1]), versah dieselben in den Ranglogen mit Einmündungen, führte diese bis zur Decke des Auditoriums und — der Deckenneigung folgend — über jene fort und ließ in einen ringförmigen Kanal zwischen den Wandungen eines konzentrisch geformten Schlotes die Kanäle über dem

1) Diese Einrichtung hat Runge im Theater zu Philadelphia getroffen. Detaillierte Zeichnungen enthält die Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1860.

Kronleuchter einmünden. Die innere Öffnung des Schlotes hatte nun lediglich die Verbrennungsprodukte des Kronleuchters abzuführen und war zu diesem Zwecke mit einem regulierbaren, kalottenförmigen Hut verschließbar.

2) Ähnlich wie die Einrichtung von Darcet war diejenige, welche Dr. Reid — nach dem Prinzip der von ihm konstruierten Ventilation des englischen Parlamentshauses — in Vorschlag brachte. Das Schema solcher Anlage giebt Fig. 265. Die frische Luft wird in der Höhe des Dachgesimses entnommen und in weiten, gemauerten Kanälen an den entgegengesetzten Enden des Gebäudes abwärts geführt, durch ein Sieb gereinigt, durch eine Brause von Staub befreit und durch Heißwasserspiralen hindurch nach den Verteilungskammern unterhalb des Parketts und der Bühne geleitet, von wo aus sie durch den porösen Fußboden ins Auditorium strömt. In die Logen gelangt die warme Luft durch Heizkanäle in der Logenrückwand, welche mit Ausströmungsöffnungen über dem Fußboden versehen sind; auf den Gallerien befinden sich diese Öffnungen in den Stirnbrettern der Stufen. — Die verdorbene Luft konvergiert von allen Punkten des Saales und der Bühnenöffnung gegen den inmitten des Plafonds über der Kronleuchteröffnung errichteten Ventilationsschlot, der mit Drosselklappe reguliert werden kann. Dieser Abzugsschlot nimmt ebenso die verdorbene Luft des Amphitheaters, des Malersaales und des „Schnürbodens" auf. Ein besonderes Abzugskamin im Fond der Bühne dient für besondere Fälle zur schnellen Lüftung derselben.

Fig. 265.



3) In einigen Theatern wurde der Kronleuchter, weil er die Zuschauer der oberen Gallerien vielfach am Sehen hindert, gänzlich oberhalb der Decke verlegt, wobei das Licht durch matte Glasscheiben eintreten muß; oder man ersetzte ihn durch einen Flammenkranz längs des Deckengesimses oder über demselben, der das Licht mittels Reflektoren durch die Glasscheiben hindurchstrahlt. Die Verbrennungsprodukte der Gasflammen konnten leicht durch kleine Rohre in besondere Zugkamine eingeleitet werden.

Anm. Die unter Vorsitz des General Morin niedergesetzte französische Kommission hatte sich für diese Methode der Ventilation mit „Abzug von unten" entschieden. Man hoffte so die lästigen Strömungen aus dem Fußboden des Parketts und der Logenwände abzustellen, indem man die schlechte Luft da absaugte, wo Dr. Reid die frische eingeführt hatte, nämlich durch den porösen Fußboden, die Kanalmündungen in der Logenwand und die Öffnungen der Stirnbretter der Gallerie-stufen. Im Parkett wurde die verbrauchte Luft durch Öffnungen im Fußboden in die Abzugskanäle zwischen den Fußbodenlagern geführt; diese mündeten in den zur Logenrückwand konzentrischen Sammelkanal und endlich in zwei vertikale Schlote zu den Seiten des Proscenii, welche durch die Rauchrohre der Kaloriferen erwärmt wurden. Im Sommer wurde der nötige Zug durch eine kleine Feuerung hervorgebracht. — Die frische und vorgewärmte Luft kam aus der Mischkammer des Souterrains und strömte durch Register über und zu beiden Seiten der Bühnenöffnung aus.

Dieses System der Ventilation haben das Théâtre de la Gaîté und das Théâtre lyrique in Paris erhalten, doch haben sie nicht den gehegten Erwartungen entsprochen; die Ventilation war ungenügend und man mußte zum „Abzug von oben" zurückkehren.

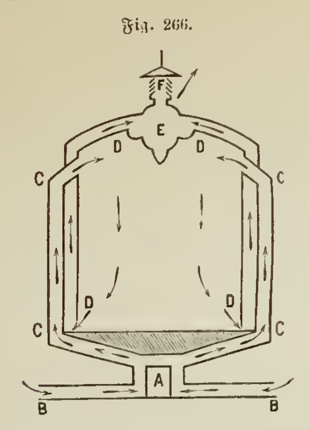
4) Einen anderen Vorschlag machte 1866 Trélat in der Abhandlung „le théâtre et l'architecte". Sein durch Dr. Bonnaford modifiziertes und erweitertes System wurde 1869 in dem neuen Vaudevilletheater in Paris zur Anwendung gebracht. Der Kronleuchter ist hier in die Decke eingelassen, die Verbrennungsprodukte gelangen nicht in den Zuschauerraum, sondern die Hitze der Flammen wird zur Abführung der verbrauchten Luft benutzt. Die Zuströmung frischer Luft erfolgt durch einen Kreis von Öffnungen dicht unter der Decke und der Abzug der verdorbenen Luft durch Register über dem Fußboden des Orchesters und der Logen. Diese münden in Kanäle der Logenwand, welche durch die saugende Wirkung des Kronleuchters in Funktion treten. Vergl. Fig. 266 (System Trélat-Bonnaford).

Auch hier hat dies System zum Teil wieder aufgegeben werden müssen, nämlich:

1) wegen der nicht genügend vermiedenen Zugluft und

2) wegen der ungenügenden Beleuchtung, welche nicht geeignet ist, den Glanz der Toiletten zur Geltung kommen zu lassen.

Fig. 266.



Obwohl also das System „Bonnaford" sich in voller Übereinstimmung mit den sonstigen Lehren der Wissenschaft befindet, hat es dennoch ebensowenig reüssiert wie die Ventilation des théâtre lyrique und de la Gaîté. Man hat neuerdings den „Abzug von unten" (wenigstens für die Theaterventilation) ganz verlassen und ist wieder zu der ursprünglichen Methode des „Abzuges von oben" zurückgekehrt. Als vorzüglich gelungene Beispiele — und zwar Produkte deutscher Ingenieur-Wissenschaft — nennen wir hier die Ventilationseinrichtungen:

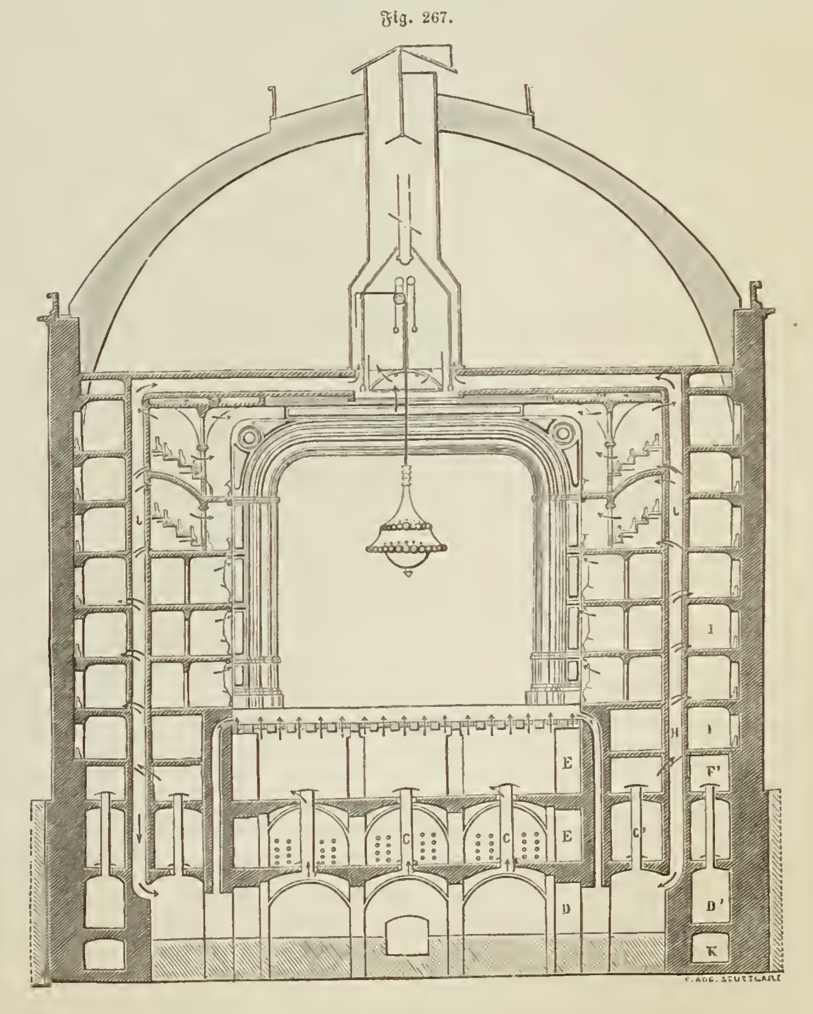
1) des neuen Wiener Opernhauses und

2) des nach dem Brande wieder aufgebauten Königlichen Hoftheaters in Dresden.

1) Das in Fig. 267 und 268 dargestellte neue Wiener Opernhaus wird heutzutage von den meisten Gesundheitstechnikern und Heizingenieuren als ein Beispiel betrachtet, welches sich der Vollkommenheit in hohem Grade nähert. Man wirft ihm von fachmännischer Seite eine gewisse Kompliziertheit vor, welche gleichwohl zu vereinfachen wäre, ohne ihm dadurch seine hohen Vorzüge zu rauben. Die Beschreibung desselben entnehmen wir einer Broschüre,[1]) welche der eine der ausführenden Architekten der Oper, Prof. Sicard von Sicardsburg, veröffentlicht hat.

Die Bewegung der Ventilationsluft erfolgt hierbei nach natürlichen Gesetzen „von unten nach oben", d. h. die erhitzte Saalluft steigt zur Lüsteröffnung empor und entweicht durch dieselbe, während die frische (im Winter auch erwärmte) Luft durch Öffnungen im Fußboden (vergl. Fig. 267) und durch die tiefliegendsten Punkte der Logen und Gallerien mit einer kaum fühlbaren Geschwindigkeit einströmt. Die, dem vorübergehenden Bedürfnis entsprechende Luftzufuhr — offenbar der schwierigste Teil der Aufgabe — erfolgt in sicherster Weise durch eine Dampfmaschine a (Fig. 268) von 16 Pferdekraft, welche einen von Prof. Dr. Heger in Wien angegebenen und berechneten Ventilator b in Bewegung setzt. Dieser gleicht einer Turbine mit horizontaler Achse, hat 3 m Diameter und einen 50 cm breiten Schaufelkranz und macht per Minute 120 Touren. Je nach dem Temperaturzustand des Saales und der Anzahl der Zuschauer werden mittels desselben

Fig. 267.

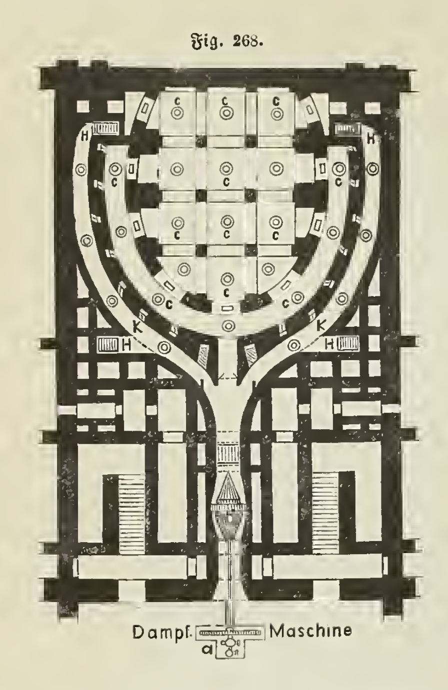


stündlich 40 000—120 000 cbm Luft eingeführt; im Durchschnitt jedoch etwa 90 000 cbm, d. h. pro Kopf und Stunde 30 cbm, mit einer Geschwindigkeit von 0,31 m pro Sekunde.

1) Stand der Ventilationsfrage. Vergl. auch Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme, S. 454 f.; „Rohrleger", Jahrg. 1878 und Wazon, Rapports sur l'exposition universelle de 1879.

Die frische Luft wird einem mit Fontänen geschmückten Gärtchen am Haupteingang mittels eines maskierten kleinen Hofes entnommen und strömt in etwa 12 m Tiefe unter

Fig. 268.

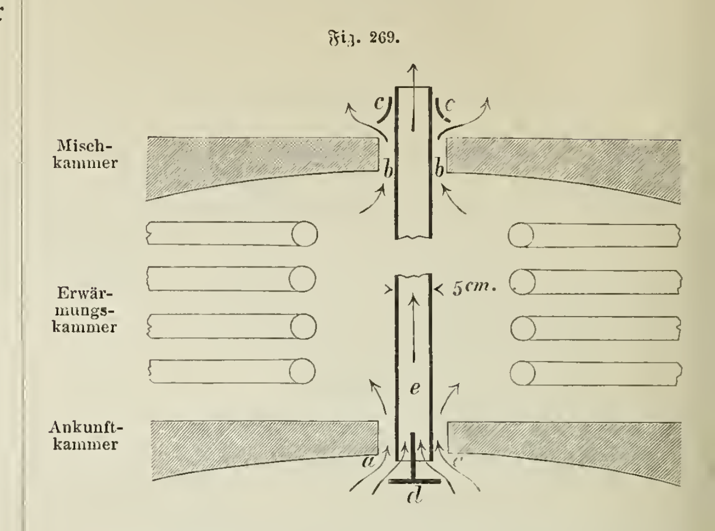


dem Straßenniveau durch eine große Thüröffnung in das Gebäude ein, muß jedoch, bevor sie in den Ventilator eintritt, erst einen Wasserzerstäubungsapparat passieren, welcher die Luft erfrischt und vom Staube befreit.

Der Blasekanal des Ventilators spaltet sich in mehrere Züge k, k, welche den Zusammenhang mit den zur Verteilung und Erwärmung der Luft im Souterrain gelegenen Räumen und mit den unter der Sohle desselben hinziehenden Verbindungskanälen D und D' (Fig. 267) vermitteln. Unter dem Parkett des Zuschauerraumes, also im Souterrain, liegen übereinander, und zwar im mittleren Geschoß: die 2,20 m hohe Erwärmungskammer. In derselben sind ca. 18 000 laufende Meter schmiedeeisernes Dampfrohr von 25 mm Lichtweite untergebracht. Der darunter liegende kalte Raum bildet die „Ankunftskammer für die frische Luft", daß oberste Souterraingeschoß bildet den „Mischraum".

Fig. 269 stellt die Anordnung des Luftzutrittes zu der Heiz- und Mischkammer schematisch detailliert dar. Die frische Luft steigt nämlich aus der Ankunftskammer durch 12 ringförmige Öffnungen a, a in die Erwärmungskammer, wird hier von den Dampfröhren erwärmt und strömt durch ebensoviele ringförmige Öffnungen b, b im Gewölbe in den oberhalb befindlichen Mischraum. Die Größe des Luftzutrittes kann durch die in vertikaler Richtung beweglichen Hülsen c, c geregelt werden. Gleichzeitig steigt aber auch durch die 90 cm weiten gußeisernen Rohre e, e Luft in die Mischkammer; die Einströmungsöffnung wird durch das Tellerventil d nach Bedarf eingestellt.

Fig. 269.



In der Mischkammer treffen beide Luftströme zusammen, wodurch sich bei jedem der 12 Rohre die Mischung der frischen und der erwärmten Luft vollzieht.

Bei starker Kälte wird die vom Ventilator herkommende Frischluft schon im Zuführkanal durch Dampfrohre erwärmt. Über der Mischkammer liegt noch ein vierter Raum, die Verteilungskammer, von wo aus die Luft durch 250 mit gelochten Blechen bedeckte Öffnungen von 0,23 m Weite in den Zuschauerraum gelangt.

Die vom Ventilator ausgehenden peripherischen Kanäle K (Fig. 268) führen die Luft im Sommer in die vertikalen Kanäle H, von wo dieselbe durch entsprechende Öffnungen in die Logen, die Logengänge und endlich an der ganzen Peripherie der Decke in den Zuschauerraum geblasen wird.

Zur Beleuchtung des Theaters dient ein Kronleuchter in der Mitte des Auditoriums, der von 18 Sonnenbrennern umgeben ist. Auch an den Logenbrüstungen sind Gaslampen angebracht, deren Verbrennungsprodukte durch kleine Schlote von Kupfer abgeführt und in ein Sammelrohr eingeleitet werden.

Die verdorbene Luft wird abgeführt teils durch die 4 m weite Lüsteröffnung, teils durch eine Menge kleiner Öffnungen dicht unter der Decke in der Logenwand. Die Kanäle münden in einen Sammelkanal von rechteckigem Querschnitt, der mit den Öffnungen im Gesimse kommuniziert; von hier gelangt die Luft in das allgemeine, 3 m weite Ventilationsrohr über der Kronleuchteröffnung. Dieses Blechrohr mündet über Dach in einem von dem Winde automatisch gesteuerten Drehturm, um die Wirkung desselben zur Aspiration benutzen zu können. Für vorkommende Fälle wird zum Absaugen ein im Dachraum aufgestellter Exhaustor benutzt, welcher ebenfalls 3 m Durchmesser hat,

160 Umdrehungen per Minute macht und mittels Drahtseiltransmission von der unteren Dampfmaschine getrieben wird.

Unter dem Auditorium befindet sich in centraler Lage das Inspektionszimmer, von welchem aus die verschiedenen Hauptregulierklappen gehandhabt werden. Von hier geht ein Sprachrohr nach dem Kesselhause und dem Dampfverteilungsraume; auch die Abzugsklappen für Schnürboden, Bühnenraum, Parkett und zwei Gallerien werden von hier aus gestellt und die Klappen für die Luftzuführung reguliert. Abweichungen von der Normaltemperatur werden durch Spiralfederthermometer, welche in den betreffenden Räumen aufgestellt sind, selbstthätig nach dem Inspektionszimmer hin angezeigt, indem ein Stift zur Schließung des galvanischen Stromes bewegt wird. Die elektrischen Apparate werden von einer Batterie von 300 Elementen bedient, dieselbe wird aber auch zur elektrischen Beleuchtung der Bühne benutzt.

Das ganze erwähnte Ventilationssystem wurde nach Angaben des Prof. Dr. Carl Böhm, Direktor des k. k. Rudolph-Hospitals in Wien, durch die Maschinenfabrik von H. D. Schmidt in Wien ausgeführt.

Ein zweites Beispiel einer zweckmäßigen Theaterventilation bietet uns das neue königliche Hoftheater in Dresden.[1]) Die ersten Dispositionen rühren von dem Prof. Dr. Weiß — jetzt zu Brünn — her; die weitere Bearbeitung und die Ausführung des Ventilationsprojektes wurde später dem Ingenieur Emil Kelling zu Dresden übertragen.

Die Heizung wird durch sieben Luftheizungsanlagen mit zusammen 13 Apparaten vermittelt; es werden damit erwärmt die hintere Bühne, die Chorgarderoben, die Vestibüle, Foyers und Logenumgänge und das Auditorium, während die Bühne mit ihren Nebenräumen rechter und linker Hand, der Ball- und Chorprobesaal und die königlichen Logen mittels Dampfheizung resp. Dampfluftheizung erwärmt werden.

Was die Ventilationsanlagen des Bühnenhauses anbelangt, so sind diese direkt mit der Heizung verbunden, während die Heizeinrichtung im Logengebäude nur zur eventuellen Erwärmung der Ventilationsluft dient.

Die, den Höfen der Zwingerseite entnommene Luft gelangt durch einen ringförmigen Saugkanal in die Filter, setzt dort den von außen kommenden Staub ab und muß auf dem Wege zu den Dampfvorwärmern die üblichen Wasserzerstäubungsapparate passieren, um sich abzukühlen. Eine Dampfmaschine von 8 Pferdekraft treibt die Ventilatoren von 1,75 m Diameter; diese führen — bei 320 Umdrehungen pro Minute — 108000 cbm Luft per Stunde ein, so daß bei vollem Hause ca. 50 cbm pro Kopf und Stunde eingetrieben werden können. Diese bedeutende Luftmenge ist erforderlich, um die durch 3000 Gasflammen entwickelte Wärme abzuführen. Bei Lufttemperaturen unter 15° C. muß die durch Ventilatoren eingeführte Luft bis auf 17° erwärmt werden, weil sie im anderen Falle fühlbaren Zug herbeiführt.

Sobald die Temperatur niedriger als 15° ist, wird die eingesaugte Luft durch die Dampfvorwärmer erwärmt, wozu die Wärme des abgehenden Dampfes der Maschine benutzt wird. Reicht diese nicht aus, so wird die Luft durch die Kaloriferen gehörig geheizt. Aus den Ventilatoren gelangt die Luft nun in den dem Saugkanal konzentrischen Druckkanal, und von hier aus wird sie in die Heizkammern verteilt, gelangt in die Heizkanäle der Logengänge, in die Mischkammern, nach den Höllen (der Unterbühne) und den Heizkammern der Foyers und Vestibüle.

Aus der Mischkammer unter dem Parkett gelangt die Luft mit geregelter Temperatur und geringer Geschwindigkeit ins Parkett. In die Logengänge steigt sie durch Kanäle im Mauerwerk und von hier durch Öffnungen mit Jalousieverschluß in die Logen. Die Jalousien kann der Logenschließer nach Wunsch, der Zuschauer in jeder Loge selbst einstellen. Auch die Regulierung des erforderlichen Luftquantums geschieht durch Stellklappen, diejenige der Temperaturen durch elektrische Thermometer vom Souterrain her. Steigt also die Temperatur irgendwo über die normale Grenze oder sinkt sie darunter, so fällt ein Plättchen auf dem Tableau im Telegraphenzimmer, und es kann sogleich Abhülfe erfolgen.

Zum Abzug der verdorbenen Luft von der Decke her ist über der Kronleuchterrosette ein Kanal abgeführt, welcher mit dem Ventilationsturm auf dem Dache des Logenhauses kommuniziert. Im Verbindungskanal befindet sich der Saugventilator von 2,75 m Durchmesser, der durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wird, welche an dem eisernen Dachbinder im Bodenraum angebracht, genau ausbalanziert ist und den Dampf von dem unteren Kesselhause zugeführt erhält. Diese Maschine kommt erst in Thätigkeit, wenn die Temperatur im Abzugsschlot höher als 31° C. ist. Über dem Saugventilator befinden sich Abstellklappen und in dem darüber befindlichen Abzugsturm stellbare Jalousien. Zur Bedienung der oberen Maschine ist ein Maschinist auf dem Kronleuchterboden postiert, dem vom Oberheizer die Befehle mittels Sprachrohr erteilt werden.

Auch über der Bühne befindet sich ein Abzugsturm mit Jalousieverschluß. Die Schieber für die Abzugsöffnungen der Bühne werden ebenfalls vom Kronleuchterboden aus nach Bedarf mittels einer Winde geöffnet.

Trotz der 3000 Gasflammen im Auditorium ist es möglich, die Temperatur des Hauses überall auf 19° zu halten. Beobachtungen bei den Vorstellungen haben sogar ergeben, daß bei richtiger Heizung und Klappenstellung im 4. und 5. Rang die Temperatur 2—3° niedriger war als im Parkett, und daß in keinem Teile des Gebäudes Zugluft zu verspüren war.

§ 81.

VI. Lüftung der öffentlichen Lokale.

Die baulichen Verhältnisse in derartigen Lokalen sind in der Regel so verschieden, daß sich bestimmte allgemeine Prinzipien für die Ventilation derselben nicht leicht aufstellen lassen: aber sie haben doch das mit den Theatern gemein, daß die stärkste Frequenz des Abends und bei opulenter Gasbeleuchtung stattfindet. Hierzu kommt als ganz besondere Beigabe, daß die Atmosphäre solcher Lokale mit Tabaksrauch und mit Speisegerüchen mancherlei Art geschwängert ist, daß also, um sie rein zu erhalten, ein sehr reichlich bemessenes Luftquantum eingeführt werden muß. Hierzu sind weite Luftschlote und eine wirksame Sauglüftung

1) Nach den Angaben im Jahrgang I des „Rohrleger" S. 87.

nötig. In allen Fällen aber empfiehlt sich — wie in den vorgenannten Fällen — der Abzug der verbrauchten Luft „von oben“, was mit Hülfe der zahlreich vorhandenen Gasflammen leicht erreicht werden kann.

1) Als Beispiel geben wir auf Taf. 50 die Anlage der Sauglüftung des durch Eleganz der inneren Einrichtung berühmt gewordenen Café Bauer, Unter den Linden 26 zu Berlin, erbaut von den Architekten Ende und Boekmann.

Die Lüftungseinrichtung des Lokales wurde vom Civilingenieur Stumpf zu Berlin entworfen und ausgeführt, auch in Nr. 10 des Jahrganges 1878 des „Rohrleger“ veröffentlicht.

Die zu lüftenden Räume bestehen aus einem im Parterre gelegenen Saal, Taf. 50, Fig. 1 und 2, dessen nach den Linden gerichtete Front 10 m Breite hat, während die Länge des Saales 30 m beträgt. Um die hintere Saalpartie genügend durch Tageslicht beleuchten zu können, ist von den Architekten ein Oberlicht unmittelbar über der Saaldecke im I. Stock angeordnet worden. Dieser Saal hat die Dimensionen des unteren (im Parterre belegenen); um die Oberlichtöffnung des letzteren ist eine Glaswand umhergezogen, welche die Kommunikation der Luft des unteren mit dem oberen Saale verhindert.

Der untere Saal hat bei 4 m Höhe 1486 cbm Rauminhalt,
„ obere „ „ „ 3 „ „ 1006 „ „

Das Programm verlangte einen zweimaligen Luftwechsel in der Stunde, und die Luft sollte mit einer Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde einströmen, was eine stündliche Leistung von ca. 5000 cbm darstellt.

Die frische Luft wird von der Vorderfront des Hauses durch Luftgitter, welche sich längs der ganzen Fassade hinziehen, in einen Kanal A, der unter der Decke des Kellers angebracht ist, eingeführt. Im Winter geht die so eingeführte frische Luft in die Heizkammer B, in welcher drei Luftheizapparate C, C′, C″ von je 30 qm Heizfläche angelegt sind. Der dritte Apparat wird nur als Reserveapparat benutzt, wenn der eine oder der andere schadhaft werden sollte. Die Luft zieht aus der Heizkammer durch die horizontalen Kanäle D nach dem Parterresaal und mündet dort unter fest angebrachten Sitzen mittels der Ausströmungsöffnungen E. In die obere Etage wird die Luft durch senkrechte Kanäle F geleitet und tritt dort durch Öffnungen G in den Wänden, welche dicht über dem Fußboden ausmünden, in den Raum ein.

Die Abführung der verbrauchten Luft geschieht wegen der Menge von Flammen dicht unter der Decke und zwar: für den Saal im Parterre unter dem Oberlicht bei H, für den Saal in der ersten Etage in gleicher Höhe, jedoch durch die Glaswand getrennt, bei J. Die Abführungsöffnungen münden sämtlich in eine rings um das Oberlicht angelegte Lockkammer K, aus dieser wird die Luft durch Saugschächte angesaugt.

Es münden zu dem Ende die Verbrennungsprodukte der Luftheizöfen durch je eine eiserne Düse M, welche etwas höher als der Lockkamin liegt, in die beiden Saugschächte: die Schächte kommunizieren durch Öffnungen mit der Lockkammer K. Die Verbrennungsprodukte steigen in den Schornsteinen auf, entweichen mit großer Geschwindigkeit durch die Düsen und reißen die Luft der Lockkammer nach sich. In den Sommermonaten, wenn nicht geheizt wird, muß ein besonderes Lockfeuer entzündet werden, und strömt alsdann der Rauch durch die Kanäle Q, am Fußboden der Heizkammer entlang, direkt in die Schornsteine O, O, und die Düsen saugen wie vorher.

Zur Verstärkung des Luftaustausches sind auf der Lockkammer sechs kurze Schächte aufgesetzt, welche gestatten, daß die unter der Decke befindliche warme Luft direkt entweichen kann. Gleichzeitig soll auf diesem Wege auch frische, kalte Luft von oben her eintreten, sich mit der warmen Luftschicht mischen und dadurch die Temperatur des oberen Raumes herabstimmen, ohne daß im unteren Saale Zug empfunden wird.

2) Gesellschaftssäle gehören ebenfalls zu denjenigen Lokalen, in welchen die Luft durch die Beleuchtungsapparate nicht nur erwärmt, sondern durch Beimischung von Verbrennungsprodukten auch verdorben wird. Es empfiehlt sich also — wie in den Theatern — der „Abzug von oben“.

Wenn aus lokalen Gründen der Abzug an der Decke nicht möglich ist, so müssen Öffnungen von genügendem Querschnitt in den Umfassungswänden dicht unter der Decke angebracht und mit Ventilationsschloten in Verbindung gesetzt werden. Als Beispiel wollen wir den Saal der Marschälle in den Tuilerien betrachten.[1])

Der Saal ist 19,1 m lang, 16,3 m breit und 14,5 m hoch und hat hiernach 4500 cbm Inhalt. Er faßt etwa 600 Personen und wird bei festlichen Gelegenheiten durch 548 Kerzen und 166 Lampen (= 498 Kerzen) erleuchtet, welche zusammen (548 + 498) . 120 = rot. 125 000 Wärme-Einheiten entwickeln. Ein Teil der verdorbenen Luft (25 Proz.) zieht unterhalb der festen Sitze am Fußboden ab, der Rest durch die Decke.

Sämtliche vergitterte Abzugsöffnungen haben einen Querschnitt von 10,75 qm, wovon etwa nur $\frac{1}{2}$—$\frac{2}{3}$ als freie Abströmungsöffnung zu rechnen ist. Die Abzugsgeschwindigkeit in denselben beträgt wenigstens 1 m per Sekunde, es werden daher stündlich abgeführt:

$$\frac{2}{3} \cdot 10{,}75 \,.\, 1{,}0 \,.\, 3600 = 25\,800 \text{ cbm},$$

d. h. der Inhalt des Saales wird stündlich etwa fünfmal erneuert. Auf jede Person entfallen also bei voller Besetzung des Saales

$$\frac{25800}{600} = 43 \text{ cbm},$$

was als vollkommen genügend bezeichnet werden kann.

---

1) Vergl. Morin, Manuel du chauffage et de la ventilation (deutsch von Degen). München 1878.

Speisesäle. Auch in diesen Räumen ist darauf zu achten, daß stündlich eine vier- bis fünffache Lufterneuerung stattfinden kann, um die Speisegerüche abzuführen und die durch zahlreiche Besetzung und glänzende Beleuchtung erzeugte hohe Temperatur der Luft herabzumindern. — Sind insbesondere glänzende Kronleuchter angebracht, so wird mit Erfolg die Absaugung der Verbrennungsprodukte an der Decke erfolgen können. Ein Teil der Luft kann dagegen am Fußboden abgesogen werden, wozu Gasarme an den Wänden nicht unwesentlich beitragen. Als Beispiel für die Behandlung solcher Aufgaben mag der Speisesaal im Stadthause zu Paris vorgeführt werden. (Vergl. Morin's Manuel.)

Dieser Saal ist 14,9 m lang, 7 m breit und 7,5 m hoch, enthält also 782,25 cbm. In demselben speisen . . 54 Personen, zu deren Bedienung nötig sind . . . . 14 „

zusammen 68 Personen.

Für jede Person sind daher $\frac{782,25}{68} = 11,5$ cbm Luftraum vorhanden.

Der Saal wird erleuchtet durch 15 Kronleuchter mit . . . . 340 Kerz.-Flammen, und durch tragbare Leuchter . . . . 170 „ „

zusammen 510 Kerz.-Flammen.

Rechnet man die stündliche Wärmeentwickelung eines Menschen gleich derjenigen einer Kerzenflamme = 120 Wärme-Einheiten, so werden per Stunde entwickelt:

$$(68 + 510) . 120 = 69360 \text{ W.-Einh.}$$

Die frische Luft soll mit 15° C. durch Öffnungen in den Saalwänden eingeführt und, nachdem sie sich auf 35° erwärmt hat, durch vier Deckenrosetten abgeführt werden; jeder Kubikmeter muß daher aufnehmen:

$$1,23 \times 20 \times 0,237 = 5,82 \text{ W.-Einh.},$$

so daß in diesem Falle eine Luftmenge nötig wird von:

$$\frac{69\,360}{5,82} = 11\,917 \text{ cbm stündlich oder}$$

3,31 cbm in der Sekunde.

Durch solche Leistung wird die Luft des Saales etwa 15 mal in der Stunde erneuert. Gesetzt, die Abzugsgeschwindigkeit durch die Deckenöffnungen betrüge 2 m in der Sekunde, so würde sich daraus ein Gesamtquerschnitt derselben von $\frac{3,31}{2,0} = 1,65$ qm ergeben, oder jede Rosette 0,41 qm freien Querschnitt erhalten müssen.

§ 82.

VII. Lüftung der Krankenhäuser.

Geschichtliche Vorbemerkungen.

Die Lüftung der Hospitäler, als Vorsichtsmaßregel gegen die Gefahr der Infektion durch Krankheitsstoffe, gab schon vor circa 100 Jahren die Veranlassung zu beachtenswerten Untersuchungen. Bailly und der Chemiker Lavoisier waren es, welche im Jahre 1786 der französischen Akademie der Wissenschaften Vorschläge zu einer Lüftungsanlage für das Hôtel-Dieu[1]) zu Paris machten, um die mangelhaften Heilerfolge in dieser Anstalt zu verbessern. Aber die unruhige Revolutionsepoche war nicht die geeignete Zeit für Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege, und so blieb der Stand dieser Angelegenheit bis zum Jahre 1840 fast unverändert. Damals bearbeitete nämlich d'Arcet einen Entwurf zur Lüftung und Heizung des Hospital „Necker" in Paris, welcher indeß nicht zur Ausführung gelangte. Erst volle 6 Jahre später sehen wir das „System Duvoir" in einem der Flügel des Hospital Beaujon versuchsweise zur Anwendung gebracht. Aber erst 1853, beim Neubau des Hospital Lariboisière, bot sich die Gelegenheit zu Versuchen im größten Maßstabe. Es kam das System der Ingenieure Thomas, Laurens und Grouvelle (nämlich Dampfwasserheizung[2]) und Drucklüftung) für die Männerabteilung, dagegen das System Duvoir Leblanc (Warmwasserheizung mit Sauglüftung) für die Pavillons der Frauenabteilung zur Anwendung.[3]) Jedes der beiden Systeme sollte programmmäßig eine Mitteltemperatur von 16—18° C. in den Sälen und eine Luftzufuhr von 60 cbm pro Bett und Stunde bewirken.

Nach den eingehenden anemometrischen Messungen von Dr. Grassi wird diese Luftmenge nur von dem System Thomas und Laurens — und zwar reichlich — geliefert, während das System Duvoir etwa nur 30 cbm pro Bett und Stunde bei gleichem Temperaturstande leistete. Professor Ser, Chefingenieur der französischen Hospitäler, konstatierte: daß im Grunde genommen keines der Systeme die Anforderungen an eine gleichmäßige und lebhafte Luftcirkulation in den Sälen genügend sicher stelle. Er fand, daß es nötig sei, mit dem System Thomas und Laurens eine energische Absaugung der schlechten Luft zu verbinden, um das Zurücktreten derselben aus den Kanälen zu verhindern, wogegen das System Duvoir-Leblanc das verlangte Luftvolum nur zur Hälfte lieferte. — Bedenkt man, daß die Kosten dieser Einrichtung pro Bett etwa 800 Fr. erforderten, wozu die Betriebskosten pro Jahr mit 80000 Fr. hinzutreten, so ist das Resultat hinsichtlich der Sterblichkeitsziffer ein ziemlich betrübendes zu nennen, da dieselbe 25 Proz. höher ist, als in den mit natürlicher Lüftung versehenen Hospitälern Hôtel-Dieu, Pitié und Charité.

Nach diesen Erfolgen hat sich die überwiegende Mehrzahl der Pariser Ärzte dahin ausgesprochen: daß die komplizierten Systeme der Heizung und Lüftung zu verlassen und zur Heizung mit offenen Kaminen zurückzukehren sei.[4]) Diese Ansichten verfochten Larrey, der Hygienist Michel Levy (Traité d'Hygiène) und die Professoren Fauvel und Vallin in ihrem Rapport über die Hospitäler.[5])

Günstiger stellte sich das Resultat im Hospital St. Eugénie zu Lille. — Es enthält in drei Abteilungen

1) Oeuvres de Lavoisier, t. III, d. 646.

2) Vergl. § 62 des Werkes.

3) Ein drittes System, Luftheizung mit Ventilatorbetrieb von Dr. van Hecke aus Brüssel wurde in den Hospitälern Beaujon und Necker angewandt.

4) Bulletin de l'Académie de Médecine, t. XXVII.

5) Congrès d'Hygiène de 1878. Question 6.

mit je drei Geschossen Raum für 344 Betten; die Kosten der Heizungs- und Ventilationsanlage betrugen 100592 Mark, so daß pro Bett 288 Mark entfallen. Die städtische Verwaltung verlangte einen stündlichen Luftwechsel von nur 45 cbm pro Bett: der ausführende Ingenieur Guérin hat jedoch Einrichtungen getroffen, daß die Grenze weit überschritten werden kann. Die Heizung geschieht mittels gut konstruierter Luftheizapparate unter Mithülfe eines großen Heizkamins für jeden Saal, welcher die Heizung unterstützt und namentlich die Lufterneuerung befördert.

Interessante Hospitalanlagen, welche als Musteranstalten gelten können, sind ferner: das St. Thomas-Hospital und das Guy-Hospital, beide in London. Im Hospital Guy wird die Luft durch Absaugen entfernt und die frische eintretende Luft durch Wasserluftheizung erwärmt. Der Luftraum in den Krankensälen beträgt 44,8—47,6 cbm pro Bett. Die Heizung ist vorzüglich angelegt.

Auch die Entbindungsanstalt in Petersburg wird als Beispiel einer glücklichen und nachahmungswerten Anlage dieser Art angesehen.[1]) Es enthält jeder Saal nur 4 Betten, jedes Stockwerk überhaupt 64 Betten, außerdem ein Arbeits- und ein Krankenzimmer. Der für jedes Bett zugemessene Raum beträgt nur 50—60 cbm (ohne Zweifel mit Rücksicht auf den strengen nordischen Winter). Durch genaue anemometrische Messungen wurde jedoch konstatiert, daß in den Sälen pro Bett und Stunde im Mittel 92 cbm frische Luft zugeführt werden können.[2])

Luftkubus. Vergleicht man die Bemessung des Luftraumes in verschiedenen Hospitälern des In- und Auslandes, so beträgt derselbe im:

	pro Bett
Hospital Lariboisière circa	50,00 cbm,
„ St. Thomas in London	47,60 „
„ Guy in London	36—56,00 „
Krankenhause Bethanien zu Berlin teils	30,00 „
teils	50—60,00 „
In der Charité zu Berlin	40—50,00 „
Im neuen städtischen Krankenhause daselbst	60,00 „

Die Lufterneuerung dagegen beträgt:

	pro Bett und Stunde:
Hospital Lariboisière durchschnittlich	74 cbm,
„ Necker im Winter	88—98 „
im Sommer	69,7 „
„ Guy am Tage	66—118 „
in der Nacht	20—40 „
Neues städtisches Krankenhaus zu Berlin	77,29 „
Krankenhaus d. Strafanstalt am Plötzensee	80—100 „ [3])

Über die beiden letztgenannten Anstalten ist noch einiges nachzuholen.

Beim Neubau des **städtischen allgemeinen Krankenhauses** im Friedrichshain bei Berlin, — dessen kombiniertes System der Wasserluftheizung in § 64, II. (Anm.) und im Zusammenhange mit der Ventilationseinrichtung in § 72 besprochen wurde, ist eine „Sauglüftung“ nach dem Vorbilde amerikanischer Barackenhospitäler in technisch vollendeter Ausführung zur Anwendung gebracht. Diese im Jahrgange 1875 der Zeitschrift für Bauwesen publizierte Anlage ist nach dem Pavillonsystem erbaut und besteht aus vier einstöckigen Pavillons für die chirurgische Abteilung, sechs zweistöckigen Pavillons für innerliche Kranke und zwei Isoliergebäuden für ansteckende Krankheiten. Taf. 47 giebt in Grundrissen und Durchschnitten die Einrichtung eines zweistöckigen Pavillons.

Die zugeführte frische Luft soll bei dieser Anlage nur in geringem Grade zur Heizung beitragen; es wird daher der Ersatz des Wärmeverlustes der abkühlenden Flächen von den beiden, in der Mitte der Säle aufgestellten, Heizkörpern bewirkt, welche Registerform haben und tischähnlich gestaltet sind. An diesen Registern erwärmt sich die eintretende Luft, welche durch je eine große Öffnung im Fußboden ausströmt, steigt zur Decke empor und sinkt, sich allmählich abkühlend, zu Boden. Der Luftabzug erfolgt, wie in § 73 beschrieben, im unteren Geschoß der zweistöckigen und in den einstöckigen Pavillons durch eine große Anzahl vergitterter Öffnungen in den Fensterpfeilern dicht am Fußboden. Die Luft tritt dann in der Richtung der Pfeile (vergl. den Grundriß des Kellergeschosses) in die, unter dem Fußboden angebrachten, horizontalen Kanäle, und diese münden in den gemeinsamen Ventilationsschlot, der durch das Rauchrohr der Feuerungsanlage erwärmt wird.

Es ist aber eine offene, von den Ärzten verschieden beantwortete Frage, ob das System der Aspiration allein im stande sei, die Rückströmungen, welche bei gewissen Windrichtungen im Ventilationsschlot eintreten, unschädlich zu machen. Einzelne Autoritäten wollen sogar aus der „nach abwärts gerichteten“ Bewegung der Ventilationsluft die Möglichkeit einer Übertragung von Krankheitsstoff herleiten, welche nicht stattfinden könnte bei der entgegengesetzten Luftbewegung (Abzug von oben), wie sie z. B. in den Barackenhospitälern stattfindet. Im letzteren Falle wird der Kranke sofort seiner eigenen Ausdünstungen ledig und vor derjenigen seines Nachbars geschützt, und das ist die Hauptaufgabe der Hygiene.

Der Übelstand der Rückströmungen läßt sich, bei sonst richtiger Anlage der Kanäle, ganz vermeiden durch Anwendung der Drucklüftung, wobei der Luftbewegung nur eine Richtung gegeben wird und es in der Hand des Betriebsingenieurs liegt, eine ganz bestimmte Menge frischer, resp. vorgewärmter Luft in die Krankensäle einzuführen.

Dieses Prinzip ist u. a. auch im Krankenhause der **Strafanstalt am Plötzensee bei Berlin** zur Anwendung gekommen und darüber oben Mitteilung gemacht.[1]) Zur Erwärmung

1) Annales du Conservatoire, t. V, p. 502.

2) Morin verlangt für Wöchnerinnen 100 cbm pro Bett und Stunde.

3) Der Luftkubus in den Sälen beträgt 38—39 cbm pro Bett, bei einer lichten Etagenhöhe von 4,7—5,0 m, welche letztere im Hospital Guy zu London nur 4,27 m beträgt. Vergl. im übrigen die Beschreibung in § 83.

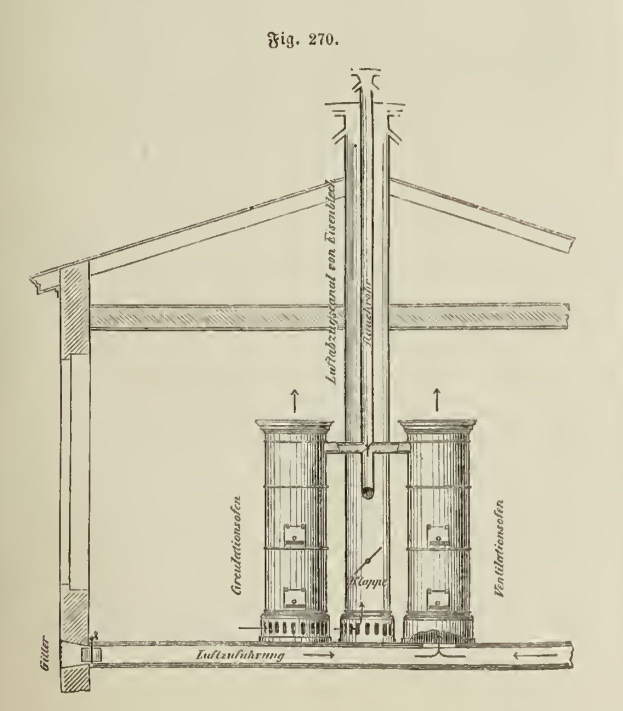
1) Ausführliche Mitteilung enthält die „Zeitschrift für Bauwesen“ in den Jahrg. 1877 und 1878.

der frischen Luft werden Heißwasserschlangen verwendet. Den Berechnungen ist eine stündliche Lufterneuerung von 80—100 cbm zu Grunde gelegt. Die Luft tritt mit einer Temperatur von 30° und einer Geschwindigkeit von 1 m in die Räume ein, wobei die Zimmerluft auf 20° C. erwärmt wird. Bei ununterbrochenem Betriebe der Druck-Ventilatoren ist der Heizeffekt ein ganz ausreichender und die Luftbeschaffenheit eine vorzügliche. Aber es ist gleichzeitig zu konstatieren, daß die Drucklüftung in den Anlage- und Betriebskosten sich um ca. 30 Proz. teurer stellt als die Sauglüftung.

Auch bei dem, in den Jahren 1868—1872 ausgeführten Garnisonlazareth zu Altona werden die Krankenzimmer durch mechanische Kraft — nach dem französischen System van Hecke — gelüftet, wobei pro Bett und Stunde 60 cbm frische Luft zugeführt werden müssen. Beide Anlagen wurden dem Ingenieur Johannes Haag in Augsburg übertragen und durch dessen Vertreter R. Uhl in Berlin ausgeführt.

Abweichend von den bisher besprochenen Anlagen finden wir die Anwendung der Lokalheizung, unterstützt durch Kamine, mit Erfolg durchgeführt in dem neuerbauten **zweiten Garnisonlazareth für Berlin** zu Tempelhof, ausgeführt von den Architekten Gropius & Schmieden.[1] Als Heizkörper sind Ventilationsschüttöfen mit doppeltem Mantel, (Fig. 271), zur Anwendung gekommen, deren äußere Mantelfläche bis zum Fußboden reicht. Diese Öfen sind in jedem Saal paarweise aufgestellt, und zur Absaugung der verbrauchten Luft dient ein zwischen den Öfen aufgestellter Absaugeschacht, dessen Sockel durchbrochen ist. Im Schacht befindet sich eine Drosselklappe zur Regulierung des Luftabzuges, und die Absaugung wird besonders dadurch wirksam, daß sich das gemeinschaftliche Rauchrohr der Öfen in dem Schacht befindet. — Die Luftzuführung geschieht durch vergitterte Öffnungen in den Fronten, welche mit Kanälen im Fußboden kommunizieren und mittels Drosselklappen abschließbar sind. Hierbei kann stets die dem Wind abgewendete Seite zur Luftzufuhr benutzt werden. Absaugeschächte und Rauchrohre sind mit sogenannten Deflektoren[1] versehen.

Fig. 270.



Den Zwecken der Heizung und Lüftung dienen ferner je ein Kamin an der Schmalseite eines jeden Krankensaales, dessen wohlthätiger Einfluß sich namentlich im Frühjahr und Herbst bei wechselnder Witterung fühlbar macht.

Während der Sommermonate tritt, wenigstens im oberen Geschoß, die Firstventilation in Kraft. Übrigens sind auch die Fenster oberhalb als „Kippflügel" konstruiert und die Thüren mit verschließbaren Durchbrechungen versehen, so daß in der guten Jahreszeit beständig ein natürlicher Luftaustausch unterhalten werden kann.

§ 83.

VIII. Lüftung der Gefängnisse.

Die allgemeinen hygienischen Anordnungen in den Gefängnissen haben manche Ähnlichkeit mit denjenigen der Krankenhäuser: als eine der ersten Vorbedingungen für einen guten Gesundheitszustand muß also auch hier ein besonderes Gewicht auf die Bemessung des Luftraums gelegt werden. Kommt es demnach in erster Linie auf einen ausreichenden Luftwechsel an, so tritt hier noch die weitere Bedingung hinzu: daß die Anlage der Luftleitungen so getroffen sei, um den Verkehr der Gefangenen — durch Fortpflanzung des Schalles in den Röhren — unmöglich zu machen. Dies der Grund, welcher gegen die Anlage von Luftheizungen sprechen würde.

Im Zellengefängnis zu Petonville war es nun, wo im Jahre 1844 das System der Warmwasserheizung mit Sauglüftung zuerst zur Anwendung kam. Die Heizrohrleitung befindet sich dort im Fußboden des Korridors, und es ist ein Warmluftkanal für jede Zelle angelegt, der nahe der Decke, also unerreichbar für die Gefangenen, ausmündet. Die Abzugsöffnungen der verbrauchten Luft liegen dagegen am Fußboden, und sie steigen von hier aufwärts nach einem Sammelkanal auf dem Boden, welcher durch die von den Feuerungen entwickelte Wärme entlüftet wird.

1) Mitgeteilt in: Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1879.

1) Vergl. Fig. 16 und 17 dieses Werkes.

Im Gefängnis „Mazas" zu Paris wendete Grouvelle zwar dasselbe System an, benutzte aber zur Abführung der verbrauchten Luft die Klosettröhren, weil er die Anlage zu vieler Schächte in den Mauern vermeiden wollte.

Die frühesten Zellengefängnisse in Deutschland wurden mit Luftheizung versehen. Auf Taf. 19 und 20 der I. Auflage des IV. Bandes ist eine solche Anordnung im Centralgefängnis zu Bruchsal dargestellt. Welche Schwierigkeiten die gesonderte Ab- und Zuführung der Luft für jede Zelle verursachte, ergiebt sich aus der Betrachtung der Tafeln: die Schwierigkeiten können aber leicht behoben werden, wenn man die Luftheizung mit einer Drucklüftung verbindet, denn dann kann die warme Luft, nachdem sie die Heizkammer verlassen, selbst in horizontalen Verteilungskanälen fortgeführt werden, weil sie infolge des ihr mitgeteilten Druckes die Reibung in den Kanälen leicht überwindet.

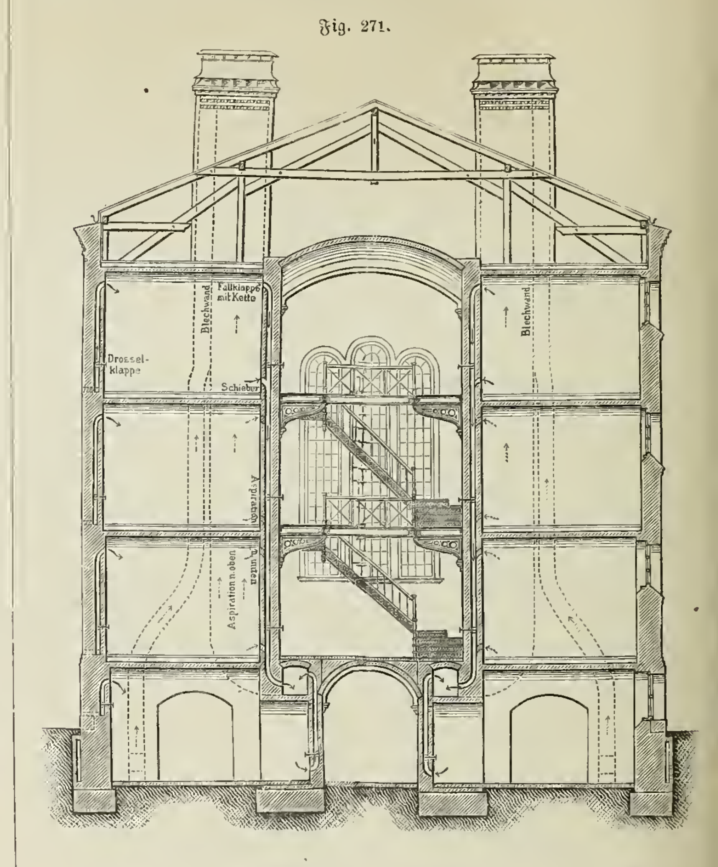
Eine derartige Anlage enthält das neue Strafgefängnis am Plötzensee bei Berlin, und zwar in demjenigen Bau, welcher gewöhnlich als II. Gefängnis bezeichnet wird und in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1877, ausführlich mitgeteilt ist. Wir müssen uns gleichwohl versagen, diese Anlage hier durch Zeichnung zu illustrieren, und verweisen auf die obengenannte reichhaltige Darstellung, welche außer den generellen Plänen auch interessante Einzelheiten der Zellenausstattung giebt.

Die frische Luft wird durch drei Ventilatoren in die entsprechenden Verteilungskanäle und aus diesen in die Heizkammern getrieben, um 10 getrennte Systeme mit Heizung und Lüftung zu versorgen. Der Betrieb erfolgt mittels einer Dampfmaschine von 5 Pferdekraft. Die Luft erwärmt sich in den Heizkammern auf 40° C. und verbreitet sich unter dem Druck der Ventilatoren in größeren horizontalen Verteilungskanälen, welche im Erdgeschoß unter dem Fußboden der Korridore liegen.|

Aus diesen horizontalen Reservoiren steigt dann die frische Luft vermittels senkrechter Kanäle in den Korridorwänden empor und in die zu heizenden resp. zu lüftenden Räume. Letztere sind: Isolierzellen, Tageräume für gemeinsame Haft und Schlafsäle. — Die Luftzuführungskanäle enden in jedem Raume 0,60 m unterhalb der Decke; am Fußboden befinden sich vergitterte Öffnungen mit Regulierungsklappen. Die Abführungskanäle liegen in den Fronten, den Zuführungen diagonal gegenüber; sie beginnen am Fußboden jedes Raumes und haben regulierbare Öffnungen am Fußboden und an der Decke. Von hier aus steigen sie senkrecht aufwärts bis zum Fußboden des Dachgeschosses und münden in die, oben § 64, I erwähnten, hölzernen Sammelkanäle. Mit diesen kommunizieren gemauerte Schlote, welche über das Dach führen und durch Rauchrohre erwärmt werden, also „saugend" wirken.

Das I. und III. Gefängnis hat dagegen Heißwasserheizung mit Sauglüftung erhalten. Die Heizröhren in den Etagen liegen unverkleidet an den Frontwänden, und die frische Luft wird durch Z-förmige Kanäle in den Fronten zugeführt. Diese beginnen außerhalb in Höhe des Fußbodens der Räume, sind in den Frontmauern senkrecht aufwärts geführt und münden innen unterhalb der gewölbten Decke aus. Die Einströmung kann durch Drosselklappen, welche in handlicher Höhe angebracht sind, reguliert werden (Fig. 271).

Fig. 271.



Die Abführung der verdorbenen Luft erfolgt durch Kanäle in den Korridormauern, welche oben und unten mit Einmündungen versehen sind; diese fallen senkrecht abwärts bis unter den Fußboden des Korridors im Erdgeschoß, vereinigen sich im Souterrain zu Sammelkanälen und führen zu senkrechten Luftschloten, welche neben den heißen Rauchrohren liegen. Im Sommer werden die Abzugsschächte durch Wasserrohre erwärmt.

Die Lüftung der Klosetts ist von derjenigen der Zellen getrennt; je drei übereinander liegende Klosetts haben einen gemeinsamen Luftabzugskanal erhalten.

Die Heizungs- und Lüftungsanlagen sind durch Johannes Haag in Augsburg resp. dessen Vertreter Robert Uhl in Berlin ausgeführt.

Luftraum. Da die einzelnen Gefängnisbauten in Rücksicht auf die zur Anwendung kommenden Haftsysteme (Einzelhaft, Gemeinschaftshaft, gemischtes System) eine verschiedene Konstruktion erhalten mußten, so geben wir zum Schluß einen Vergleich des Luftraumes, welcher nach den verschiedenen Haftsystemen dem Gefangenen zu teil wird.[1])

Es ergeben sich im I. und II. Gefängnis für gemeinsame Haft in Zellen für 5—10 Mann:

	Luftraum
durchschnittlich pro Kopf 3,88 qm Zellenfläche . .	11,82 cbm;
dem gegenüber in den Zellen für Isolierhaft:	
durchschnittlich pro Kopf 9,01 qm Grundfläche . .	28,97 „

1) Erläuterungen zu dem Modell des Strafgefängnisses zu Plötzensee ꝛc., ausgestellt zu Brüssel 1876. Berlin 1876. Geheime Ober-Hofbuchdruckerei.

Dies ist ein Durchschnittssatz, der sich vollkommen bewährt hat und in den ersten Gefängnissen fremder Länder nicht erreicht wird.[1])

Die Schlafsäle bieten pro Bett folgenden Raum dar:

	Fläche	Luftraum
Im I. und II. Gefängnis	4,52 qm,	19,75 cbm,
„ Hause für jugendliche Gefangene	5,77 „	18,18 „
durchschnittlich pro Bett	5,15 qm,	18,97 cbm.

Die Lufterneuerung beträgt pro Kopf (Bett) und Stunde:

1) In den Zellen für gemeinsame Haft	37,1 cbm,
2) „ „ Isolierzellen im I. und II. Gefängnisgebäude	42,4 „
3) „ „ Schlafsälen daselbst	48,0 „
4) „ „ Zellen des III. Gefängnisses	41,0 „
5) „ „ „ „ Hauses für jugendliche Gefangene	60,0 „
6) „ „ Schul- und Betsälen, welche nur periodisch benutzt werden	25,0 „

IX. Ventilation der Kasernen.

Die Festsetzung des Luftraums in Kasernen unterliegt etwa ähnlichen Verhältnissen, wie in den Schlafräumen der Gefangenanstalten, und können die dort gewonnenen Zahlen auch hier Anwendung finden.

Hiernach würden 19 cbm Luftraum pro Mann als ausreichend in Ansatz zu bringen sein: eine Kommission englischer Fachautoritäten, welche beauftragt war, die angemessene Luftraumbestimmung bei Kasernements festzustellen, empfiehlt sogar 16,8 cbm als ausreichend.

Dagegen verlangt Morin eine Lufterneuerung von 30—40 cbm pro Stunde bei Tage und 50—60 cbm während der Nacht, d. h. bei Tage einen zweimaligen, bei Nacht einen dreimaligen Luftwechsel.

Diese Anforderungen stehen in striktem Gegensatz zu dem bisher in Deutschland eingehaltenen Standpunkte. Kaum hat man das Bedürfnis einer geregelten Heizung der Kasernen hier anerkannt, denn das Brennmaterial wird in der Regel an jede Korporalschaft verteilt und dieser überlassen, beliebig zu heizen und durch Öffnen von Fenstern und Thüren die Überproduktion von Wärme auszugleichen oder in einer entsetzlichen, durch allerlei Ausdünstungen geschwängerten Atmosphäre zu verharren. — Hier wäre nun eine Abhülfe sehr leicht und durch die einfachsten Mittel zu bewirken. Durch Flügelventilatoren in den Fensterscheiben oder durch Kippflügel läßt sich eine Luftströmung in den oberen Schichten der Schlafräume leicht erzeugen. Mit diesen müssen Abzugsöffnungen in den Wänden zunächst dem Fußboden korrespondieren, so daß die Ausatmungsprodukte sofort abgefangt werden und nicht Zeit finden, sich mit der Luft des Saales zu vermischen. Wird für je 2 bis 3 Betten ein gemeinsamer Abzugskanal angelegt, so dürfte der durch Deflektoren unterstützte Luftaustausch vollkommen den hygienischen Anforderungen genügen. Bei hoher Winterkälte, wo das Öffnen der Fensterflügel nicht angebracht ist, wird die starke Permeabilität der Wände in Verbindung mit Registern in den Thüren Ersatz für geringeren Luftaustausch bieten.

Dagegen haben die Vorschläge von Degen[1]) durch Anwendung von Dampfkraft nicht nur die Lüftung, sondern auch — wie in den Hospitälern — das Kochen, Waschen, Beschaffen von Bädern, Zerkleinern von Holz ꝛc. zu bewirken, wenig Aussicht realisiert zu werden. Die Kosten der ersten Anlage sind eben zu bedeutende, und die ausreichend vorhandene Menschenkraft hat bisher die Verwaltung von den sonstigen Vorteilen der Centralheizung absehen lassen. So treffend daher die Gründe sein mögen, welche Degen gegen die Holzverschwendung in den Kasernen ins Feld führt, so wenig Zustimmung haben dieselben doch in den maßgebenden Kreisen der Militärverwaltung vorerst gefunden. Auch ist die Lokalheizung mit Kachelöfen an sich keineswegs verwerflich, nur muß sie nach angemessenen Normen geregelt und der Heizkörper mit Vorrichtungen zur Einführung frischer Luft versehen werden.

In England hat man sich mit gutem Erfolge der Kamine von Douglas Galton bedient, so in den Kasernen von Chelsea, über welche Untersuchungen von de Chaumont vorliegen.

In den vom Kriegsbaumeister Hunäus zu Hannover ausgeführten Kasernen wurde der Gedanke verfolgt, daß die Mannschaft am Tage sich nicht in dem Lokale aufhalten dürfe, in dem sie während der Nacht schläft. Ohne den sonst für eine Korporalschaft zugemessenen Raum zu vergrößern, ist derselbe in zwei ungleiche Hälften geteilt, von denen die kleinere für den Tagesaufenthalt bestimmt ist, die größere als Schlafsaal dient und am Tage konstant gelüftet werden muß.

Wenn mit dieser Einrichtung auch eine Lufterneuerung für die Nachtzeit verbunden werden kann, so würde sie in der That nichts zu wünschen übrig lassen!

§ 84.

Durch die vorstehenden Angaben ist das Thema der künstlichen Lüftung keineswegs erschöpft, aber die Ziele dieses Buches verlangen eine Beschränkung in der Vorführung des Stoffes. Auch würde es nicht möglich sein, für alle verschiedenen Gattungen von Gebäuden die geeignetste Methode der Lufterneuerung angeben zu wollen. Es ist vielmehr, nachdem die Grundsätze und Methoden ausführlich behandelt sind, Sache des denkenden Ingenieurs, in jedem besonderen

1) In dem berühmten Gefängnis „Mazas“ zu Paris beträgt, nach Péclet, der Luftraum 26 cbm.

1) Praktisches Handbuch der Ventilation und Heizung von Ludwig Degen. II. Auflage, S. 213.

Falle selbständig oder nach vorhandenen Mustern zu verfahren.

Einzelnes ist bereits bei den Heizungen besprochen worden, so die Erwärmung der Kirchen in § 47 und 48. Selten wird hier mehr als 12° Temperatur im Kirchenraume verlangt und wegen der Höhenverhältnisse, des bedeutenden Luftraums und der periodischen Benutzung ist eine eigentliche Lüftung nicht erforderlich. Zur Heizung eignet sich ganz besonders die Kanalheizung, weil sie eine vorzugsweise Erwärmung der unteren Luftschichten gestattet.

Die Lüftung der verschiedenen Gebäude für Staats- und Kommunalverwaltung, Gerichtspflege rc. rc. unterliegt denselben Normen, welche im sechsten und siebenten Kapitel dieses Werkes ausführlich behandelt und durch Beispiele erläutert sind. Die theoretische Berechnung des erreichbaren Effektes ist nach den im achten Kapitel vorgetragenen Methoden nicht schwierig, übrigens auch im vorstehenden vielfach erörtert.

Eine besondere Rücksichtnahme verlangen etwa noch diejenigen Räume, bei welchen — wie bei **Lichtfluren** und **„Sälen mit Oberlicht"** — eine natürliche Lüftung durch Öffnen der Fenster ausgeschlossen ist. Hier ist zunächst für ausreichende Luftzufuhr zu sorgen, andererseits ist die Abführung der verbrauchten Luft angemessen zu regeln. Wegen Strahlung der Glasdecke in den kalten Dachraum pflegt nun die Abkühlung einer solchen Decke mit Oberlicht sehr empfindlich zu sein. Will man dies beheben, so muß der Raum zwischen der unteren Glasdecke und dem Glasdach angemessen erwärmt werden.

Einen solchen Fall beobachtete Morin in der großen Halle des Schlosses Ferrières (Besitz des Baron von Rothschild). Während am Abend 1000 Gasflammen den Raum erhellen und die Abkühlung des Saales durch die (100 qm große) Glasdecke verhindern, wurden bei Tagesbenutzung in dem Raume zwischen den Glasdecken 4 Coaksöfen aufgestellt, welche in demselben eine höhere Temperatur unterhalten, als diejenige des Saales ist; dadurch wird die Abkühlung des letzteren verhindert.

Lichthöfe in Wohngebäuden pflegen in der Regel und selbst in der kühleren Jahreszeit eine sehr schlechte Luftbeschaffenheit zu zeigen. Da nun die angrenzenden Räume sich von hier aus mit Luft versorgen müssen, ist deren konstante Lufterneuerung eine Notwendigkeit, welche an vielen Orten sogar durch polizeiliche Verordnung vorgeschrieben ist. Die Abhülfe ist außerordentlich leicht, weil durch Anlage von Saugeschächten, in denen ein kleines Feuer unterhalten wird, ein geeigneter Luftwechsel unterhalten werden kann; in gewöhnlichen Fällen genügen jedoch feststehende Jalousien von Glas oder Blech in Verbindung mit einer geschickt angelegten Firstventilation.

Zur Abhaltung der Sonnenhitze, welche im Hochsommer in derartigen Lichthöfen sehr bedeutend werden kann [1]), pflegt man sich wie in den modernen Ausstellungs-Glaspalästen eines untergespannten, großen Tuches (Vela) zu bedienen. Das kontinuierliche Besprengen der Glasdächer während der heißen Tagesstunden ist ein weiteres, vorzügliches Mittel um die Temperatur solcher Räume herabzumindern. [2])

Es würde endlich noch die Ventilation der sogenannten **Nebenräume** unserer Wohngebäude, der Küchen, Badezimmer, Vorratskammern, Korridore, Klosetts hier zu besprechen sein. Für die Küchen ist durch die Wärmemenge, welche in den gewöhnlichen Fällen ungenützt in den Schornstein entweicht, ein sehr geeignetes Mittel der „Sauglüftung" geboten. In Badezimmern wird durch die saugende Wirkung einer Gasflamme, welche man in dem zugehörigen Luftkanal zeitweise unterhält, viel gebessert sein, und dieses Auskunftsmittel steht überall da zur Verfügung, wo die Unterhaltung von Lockfeuern unthunlich ist.

Jedenfalls bietet schon die natürliche Lüftung durch Temperaturdifferenz eine schätzenswerte Luftverbesserung in Korridoren, welche fensterlos an der Nachbargrenze liegen. Auch die Zuführung reiner Luft in geeignet angebrachten Schloten, unter Entnahme derselben vom Dach her, bietet meistens nur unerhebliche Schwierigkeiten. Die Anlage von Abzugskanälen ist aber in allen Fällen angänglich, und sofern sie durch Deflektoren unterstützt wird, auch wirksam. Jedenfalls ist es an der Zeit, daß die Architekten diesen vernachlässigten Teilen des modernen Wohnhauses eine größere Aufmerksamkeit widmen, dann wird es um die Gesundheitsverhältnisse der Bevölkerung großer Städte besser als bisher bestellt sein und die Mortalitäts-Statistik in Zukunft einen geringeren Prozentsatz der Todesfälle nachweisen.

§ 85.

Die Aufstellung von Projekten und Berechnungen zur Erwärmung und Lüftung öffentlicher Gebäude.

Die Ansprüche der Neuzeit an rationelle Beheizung und Lüftung haben einen derartigen Umfang angenommen, daß für alle öffentlichen, unter der Regie des Staates oder größerer Stadtbehörden ausgeführten Gebäude fast ohne Ausnahme Centralheizungen zur Anwendung kommen. In den Entwürfen, welche das betreffende Gebäude in seiner Gesamtheit umfassen, sind also die Heizanlagen derart zu berücksichtigen, daß durch Zeichnung und Beschreibung zum Ausdruck gebracht wird, welche Art, resp. welche Arten von

1) Im Pariser Bahnhof (Route Lyon) hat man nachmittags 40° C. auf den Schienen unter der Halle beobachtet.

2) Vergl. auch die Anmerkung auf S. 196.

Heizung und Lüftung zur Anwendung gelangen sollen, wo die Heizstellen Platz finden, wie die frische Luft zu- und die verbrauchte abgeführt werden soll, wo die Heizkörper ihre Stelle erhalten, welche und wie große Kanäle in den Mauern vorzusehen sind, und diese Maßnahmen sind so zeitig zu treffen, daß Lage und Größe der erforderlichen Kanäle, Schlote, Schlitze vor Beginn der Maurerarbeiten feststeht und nachträgliche Änderungen durch Stemmen vermieden werden.

Die Feststellung der Centralheizungsanlagen im einzelnen erfolgt für fiskalische Landbauten mittels Ausschreibung von Konkurrenzen zur Erlangung geeigneter Entwürfe; als Unterlage für die Konkurrenz dient ein ausführliches Programm, in welchem die an die Heizanlagen und Lüftungseinrichtungen zu stellenden Anforderungen genau klargelegt werden. Demselben ist eine Berechnung anzuschließen, welche über den stündlichen Wärmeverlust jedes einzelnen Raumes in tabellarischer Form (vergl. Tabelle II, S. 120) Auskunft giebt.

Die einheitliche Aufstellung der Programme und Berechnungen für fiskalische Bauten ist in Preußen durch den Ministerial-Erlaß vom 7. Mai 1884 geregelt. Wir lassen die Bestimmungen dieses Erlasses hier im Auszuge folgen:

Die Aufstellung von Programmen für Centralheizungsanlagen.

1) Den Bewerbern müssen unentgeltlich Kopien der Baupläne verabfolgt werden, insbesondere ein Lageplan des Gebäudes, Grundrisse der Geschosse mit Raumnummern und Flächenzahlen und die nötigsten Durchschnitte. Ferner ist eine Baubeschreibung zuzufügen, mit Angaben über die gewünschten Temperaturen in den verschiedenen Räumen und die Stärke des Luftwechsels.

2) Kommen verschiedene Heizsysteme zur Anwendung, oder werden einzelne Räume mit Öfen geheizt, andere von der Beheizung ausgeschlossen, so ist dies auf den ersterwähnten Grundrißzeichnungen zur Anschauung zu bringen. Dabei sind folgende Farbentöne zu wählen:

für Luftheizung	hellgrün,
„ Heißwasserheizung . . .	hellrot,
„ Warmwasserheizung . .	hellblau,
„ Dampfheizung	hellgelb.

Die nicht zu heizenden Räume und die mit Kachelöfen zu versehenden werden im Grundriß nicht koloriert.

Kommt nur eine Heizungsart zur Anwendung, so kann von der Charakterisierung durch Farbentöne ganz abgesehen werden.

3) Der Grad der Erwärmung darf betragen:

für Wohn- und Geschäftsräume aller Art .	20° C.
„ Säle, Auditorien u. s. w.	18° „
für Korridore, Flure, Treppenhäuser . . .	12° C.
„ Krankenzimmer	22° „
„ Gefängnisräume zum Tagesaufenthalt .	18° „

Schlafräume der Gefangenen werden nicht geheizt.

Als Außentemperatur ist die niedrigste Ortstemperatur im Durchschnitt der letzten 10 Jahre anzunehmen, jedoch in der Regel nicht unter — 15° und nicht über — 20°.

4) Es ist im Programm anzugeben, welche Räume Ventilation erhalten sollen und ob Saug- oder Drucklüftung zur Anwendung kommt, resp. auf welche Personenzahl in den Räumen gerechnet werden darf. Ebenso sind die lichten Höhen der Geschosse mitzuteilen.

Sollen Korridore und Vestibüle auch gelüftet werden, so genügt 1—2 maliger Luftwechsel pro Stunde.

5) Wenn irgend angänglich, soll den Bewerbern mit dem Programm eine Berechnung übersendet werden, welche Aufschluß giebt über die Wärmeverluste der Räume durch Transmission und Ventilation bei der geforderten Innen- und der Minimal-Außentemperatur.

Dagegen haben die Bewerber ihren Konkurrenzprojekten beizufügen:

a) eine Berechnung der Größe der in den Räumen aufzustellenden Heizkörper und — bei Luftheizungen — der Querschnitte der Heiz- und Ventilationskanäle;

b) einen kurz gefaßten Erläuterungsbericht;

c) eine Berechnung der Kosten, die der Bewerber für Ausführung der Heizung nach seinem Projekte beansprucht;

d) Zeichnungen, aus denen die Anlage der Luftleitungen (Heizkanäle, Ventilationsrohre, Frischluftkanäle), auch die Zahl und Stellung der Heizkörper und Centralheizapparate ersehen werden kann.

In die unter 1) erwähnten Baupläne sind dann direkt einzutragen:

die Kanäle für warme Luft	rot,
„ „ „ reine Luft	grün,
„ sogenannten Mischkanäle	gelb,
„ Abzugskanäle für verdorbene Luft .	blau,
Zuleitungsrohre der Wasserheizung . .	zinnoberrot,
Rücklaufrohre, Heizkörper, Schlangen .	blau,
Dampfrohre	orange,
Kondensationsrohre, Kessel ꝛc. . . .	grün.

Außerdem ist das Projekt zu vervollständigen durch Beigabe von Zeichnungen der Heizapparate, der Ventilatoren, Rohrverbindungen, Expansionen, Ventile, Heizkörper, Gitter, Ventilationsklappen ꝛc. in größerem Maßstabe. Hierzu können auch vorhandene Pausen und Drucksachen benutzt werden.

Die seitens der Bauverwaltung dem Programme beizufügende Berechnung der Wärmeverluste hat nach einem ähnlichen Schema wie Tabelle I und II, S. 118—120 zu

erfolgen. In Spalte 3 dieser Tabelle, Anlage A, sind zu berücksichtigen:

1) alle Außenmauern und diejenigen Innenmauern, welche an kältere Räume grenzen,

2) Fußböden und Decken, welche an kältere Räume grenzen,

3) Fensterflächen, Oberlichte und Thüren, welche an kältere Räume grenzen.

Hierbei sind in Ansatz zu bringen:

für unbeheizte, dauernd geschlossene Räume 0° C.
" " aber mit der Außenluft in Verbindung stehende Durchfahrten, Hallen, Vorflure . . . . —5° "
" Räume unter der Dachfläche —5 bis —10° "

Als Mittelwert aus den Transmissionsformeln von Péclet, Schinz, Ferrini, Redtenbacher u. a. dürfen bei kontinuierlicher Heizung pro Stunde für 1° Differenz zwischen der Außen- und Innentemperatur nachstehende Koeffizienten für Wärmeabgabe zu Grunde gelegt werden:

1 qm	Mauerfläche	0,25 stark	transmittiert	stündlich	1,80	W.-E.
1	" "	0,38	"	"	1,30	"
1	" "	0,51	"	"	1,10	"
1	" "	0,64	"	"	0,90	"
1	" "	0,77	"	"	0,75	"
1	" "	0,90	"	"	0,65	"
1	" Balkenlage, gestaakt, als Fußboden			"	0,40	"
	" " Decke			"	0,50	"
1	" Gewölbe mit Dielung darüber			"	0,60	"
	" " als Decke			"	0,70	"
1	" einfaches Fenster				3,75	"
1	" Doppelfenster				2,50	"
1	" einfaches Oberlicht				5,40	"
1	" doppeltes "				3,00	"
1	" Thüren				2,00	"

Diese Zahlen sind als Koeffizienten in die entsprechende Spalte 5^a des Formulars mit der Maßgabe in Ansatz zu bringen, daß bei Außenmauern und Fenstern, welche nach Norden, Osten, Nordosten oder Nordwesten gelegen sind, noch 10° zugeschlagen werden und dies in der Spalte 5^b ersichtlich gemacht wird.

Da ein kontinuierlicher Heizbetrieb nur selten stattfindet, müssen obige Werte meist noch erhöht werden, und zwar:

um 10 Proz., wenn nur bei Tage geheizt wird, aber die Lage eine geschützte ist;
um 30 Proz., wenn bei Tagesbetrieb die Lage exponiert ist,
um 50 " bei längeren Unterbrechungen des Betriebes.

Zur Berechnung der Wärmeverluste durch Ventilation ist die Anleitung bereits auf S. 114 gegeben.

Kostenberechnungen. Bei Veranschlagung der Anlagekosten haben die Bewerber zu beachten, daß alle zur vollständigen Fertigstellung der Heizungs- und Lüftungsanlagen gehörigen Nebenleistungen, als Schieber, Ventile, Mauerbuchsen, Regulierungsklappen, Deflektoren, Thermometer, Sicherheitsvorkehrungen, Rohrumwickelungen, Feuergeräte, zu berücksichtigen sind.

Die Kostenberechnung ist von den Bewerbern nach Titeln geordnet zu überreichen.

Die Ministerial-Verfügung vom 7. Mai 1884 enthält sodann allgemeine Vorschriften für die Anordnung und Ausführung der Centralheizungs- und Ventilationsanlagen, die hier um so mehr übergangen werden können, als sie im Separatabdruck erschienen sind.[1])

§ 86.

Prüfung und Übernahme der Heizungsanlagen.

Dieselbe hat nach Fertigstellung zu geschehen, indem bei Dampf- und Wasserheizungen zunächst die Kessel, die Leitungen und Heizkörper zunächst im kalten Zustande einem Probedruck unterzogen werden. Derselbe soll betragen:

bei Niederdruckwasserheizung . . . 4 Atmosph.,
" Wasserheizung mit Mitteldruck . 20 "
" " " Hochdruck . . 100 "
" Hochdruckdampfheizung . . . . 10 "
" Niederdruckdampfheizung . . . 5 "

Die Druckprobe ist eventuell so oft zu wiederholen, bis das Manometer bei Stillstand der Druckpumpe während der Dauer von 20 Minuten eine Druckverminderung nicht anzeigt.

Die weitere Prüfung erfolgt durch einen mindestens dreitägigen angestrengten Probebetrieb; hierzu ist eine Jahreszeit zu wählen, welche für die Heizungs- wie für die Lüftungsanlage ungünstige Verhältnisse schafft; es würde verkehrt sein, eine Probeheizung bei milder Temperatur vorzunehmen und dabei die zu erzielende Raumtemperatur entsprechend zu erhöhen. Bei dem Probebetrieb ist die Wirksamkeit aller Teile der Anlage genau zu prüfen, insbesondere ist festzustellen, ob die nötigen Luftmengen und Raumtemperaturen erhalten werden. Fehler, welche sich hierbei ergeben, hat der Unternehmer sofort zu beseitigen und ist, wenn dieselben für die Wirkung von erheblichem Einflusse waren, der Probebetrieb zu wiederholen. Genügt die Anlage den gestellten Bedingungen vollständig, so kann die Übernahme durch die Bauleitung erfolgen. Hierbei hat der Unternehmer die vorgenannten, zum genauen Entwurf nötigen Zeichnungen nochmals und der endgültigen Anordnung der ganzen Anlage entsprechend zu liefern.

Die Anlage- und Betriebskosten sind von so vielen Umständen abhängig, daß allgemein gültige Angaben, welche

1) Verlag von Ernst & Sohn in Berlin.

auch nur annähernd richtig wären, nicht gemacht werden können. Es wird für den Bauherrn immer am zweckmäßigsten sein, durch mehrere leistungsfähige Fabrikanten Kostenanschläge anfertigen zu lassen.

Bei gleich guter Lüftung ist die Feuerluftheizung in der Anlage meist am billigsten; dann folgt die Lokalheizung durch Öfen, während die anderen Centralheizungsarten sich teurer stellen. Am kostspieligsten in der Anlage ist die Warmwasserheizung und die Hochdruckdampfheizung, letztere wegen der Dampfkessel.

Bei den Betriebskosten ist der für Ausbesserung und Ersatz schadhafter Teile nötige Betrag von demjenigen für Brennmaterial zu trennen. Ersterer wird bei der Luft-, Warmwasser- und Niederdruckdampfheizung geringer als bei der Ofenheizung. Letztere braucht, wenn gleich gute Lüftung damit verbunden wird, mehr Brennmaterial als jede Centralheizung. Am billigsten im Betriebe ist die Warmwasser- und Niederdruckdampfheizung; alsdann folgen Luft-, Heißwasser- und Hochdruckdampfheizung.

Achtes Kapitel.

Verschiedene Feuerungsanlagen.

§ 87.

Die Feuerungsanlagen, welche im vierten bis achten Kapitel besprochen worden sind, dienen lediglich den Zwecken der Heizung. Die Wahl und Konstruktion dieser Apparate beanspruchte unser ganzes Interesse, weil eine zuträgliche und gleichmäßige Zimmertemperatur das körperliche Befinden der Hausbewohner in hohem Grade beeinflußt. Aber nicht minder wichtig sind jene für den Haushalt der Familie unentbehrlichen Feuerungsanlagen, welche zum Kochen, Braten, Backen, überhaupt zur Zubereitung der Speisen dienen und „Kochherde" oder „Kochmaschinen" genannt werden. Diese sollen im Nachstehenden behandelt werden, und zwar sowohl in der Form, die dem einfach bürgerlichen Haushalt genügt, als nach den Anforderungen, welche an eine hochherrschaftliche Küche mit Zubehör gegenwärtig gestellt werden. — An diese Apparate sind endlich anzuschließen die im bürgerlichen und herrschaftlichen Haushalt vorkommenden Kesselfeuerungen, insbesondere die Waschkessel. Alle Feuerungsanlagen, welche gewerblichen Zwecken dienen, liegen den Zielen dieses Werkes fern und finden ihren Platz in einer „Technologie der Wärme".

Anlage von Kochherden.

Kochherde mit offenem Feuer sind als die ursprünglichsten Feuerstätten zu bezeichnen. Sie bestehen aus einer Aufmauerung von Ziegeln zur Aufstellung der Töpfe und aus einem Rauchmantel, der die Verbrennungsprodukte und die beim Kochen entwickelten Wasserdämpfe nach dem Schornstein leitet. Der Herdkörper ist gewöhnlich unterwölbt, wodurch sich ein schicklicher Raum zur Aufbewahrung des Brennmaterials ergiebt. Bei diesen offenen Herden entweicht der größte Teil der Wärme ungenützt in den Schornstein: sie verbrauchen viel Brennmaterial und ziehen so große Unbequemlichkeiten nach sich, daß sie in städtischen Wohngebäuden gar nicht mehr und auf dem Lande nur selten noch zur Anwendung kommen.

An ihre Stelle sind die Herde mit „geschlossener Feuerung" oder „geschlossenem Brennraum" getreten, welche einen geringeren Aufwand an Brennmaterial bedürfen und — je nach ihrer Stellung zu den Küchenwänden — abweichende Konstruktion erhalten. Gewöhnlich lehnt sich der Herd mit ein oder zwei Seiten an Scheidemauern (nicht Frontwände), wenn man nicht vorzieht, ihn ganz „frei" zu stellen; im ersten Falle wird der Rauch, wie bei den Öfen, sogleich horizontal in das nächstliegende Rauchrohr eingeleitet, im letzten Falle müssen die Verbrennungsprodukte unterirdisch in einem gemauerten Kanal abgeführt werden. Einen Rauchmantel bedarf man also bei diesen geschlossenen Kochherden nicht; dagegen wird zuweilen ein Dunstfang von Zink über denselben angebracht, welcher die entstehenden Wasserdämpfe in ein besonderes Dunstrohr leitet. In den meisten Fällen jedoch begnügt man sich gegenwärtig mit der Anlage eines bloßen Ventilationskanales mit stellbarer Klappe.

Die Wände des Herdes werden je nach den Anforderungen an Eleganz entweder aus glasierten Kacheln oder aus Marmor und bei den transportablen Kochmaschinen (welche in Süddeutschland, am Rhein und in Westfalen in Gebrauch sind) ganz aus Eisenplatten konstruiert.

Die horizontale Herdfläche besteht aus Eisenplatten, und die Kochgeschirre werden entweder in Öffnungen der Herdplatte „versenkt" eingesetzt und unterhalb vom Feuer umspült, oder sie werden auf die Herdplatte aufgesetzt, die dann in der ganzen Ausdehnung vom Feuer bespült sein muß. Die letzterwähnten Herde heißen „Plattenherde".

In vielen Gegenden sind Kochplatten mit mehreren Topföffnungen ausschließlich üblich, weil die Ansicht vorherrscht, die Einrichtung sei desto besser, je mehr Kasserollöcher zum Einhängen vorhanden sind. Dies beruht indessen auf Täuschung, denn der Effekt ist am größten, wenn das Feuer frei unter der Platte fortziehen und sich darunter ausbreiten kann. Sind dagegen nur die Kasserollöcher in Verbindung gebracht, und ist im übrigen die Platte untermauert, so wird die letztere gar nicht und der Topf nur mangelhaft erwärmt: daher denn die Klagen der Köchin, daß es nur auf einer Stelle kochen wolle und nebenan die Speisen nicht im Sieden bleiben. Vergrößert wird dieser Übelstand durch die Abkühlung, welche das Feuer dadurch erleidet, daß die Einsatzöffnungen den Zutritt kalter Luft in den Brennraum erleichtern, was nachteilig auf den Brennprozeß wirkt. — Es empfehlen sich also — namentlich für größere Haushaltungen — Kochplatten ohne Öffnungen, wie sie auch in der That in vielen Gegenden Deutschlands in Gebrauch sind: das Anbringen einer Öffnung direkt über dem Brennraum bietet indessen mancherlei Bequemlichkeit und schadet erfahrungsmäßig nicht.

Der Heizeffekt wird aber auch von der Richtung des Feuerlaufes beeinflußt. Um nun die Feuergase zu zwingen, daß sie sich gleichmäßig ausbreiten (also im Grundriß ein Flammendreieck bilden), giebt man ihnen in den Zügen zuerst eine abwärts fallende Bewegung, welche der natürlichen Tendenz des Feuers, zum Schornstein aufzusteigen, entgegenwirkt, den Zug der Gase also verlangsamt und sie zwingt, ihre Wärme vorher an die Platte abzusetzen.

In vielen Fällen wird zum Braten noch ein besonderer Brennraum angelegt: es genügt jedoch, wie an Beispielen gezeigt werden soll, das zur Erhitzung der Kochplatte verwendete Feuer noch vollständig, um damit braten und backen zu können. Bei dieser Anlage empfiehlt sich für den Bratofen ebenfalls eine Feuerbewegung von oben nach unten, wobei die Speisen gleichmäßiger und langsamer gar werden.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen können wir zur Beschreibung einiger bewährten Kochherde übergehen.

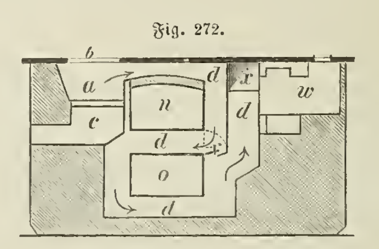
§ 88.

Plattenherde mit Wänden aus Kacheln.

Die Konstruktion der Kochherde wird beeinflußt durch das Brennmaterial und durch örtliche Gewohnheiten.

Einen Kochherd, verbunden mit Bratofen n und Wärmröhre o o, stellt Fig. 272 dar. Der Feuerraum wird beschickt durch die Ringöffnung b der Herdplatte, und die Feuergase gelangen, in der Richtung der Pfeile ziehend, durch den Fuchs x zum Schornstein. Die Decke des Bratofens ist zum Schutz gegen zu starkes Bräunen mit einer

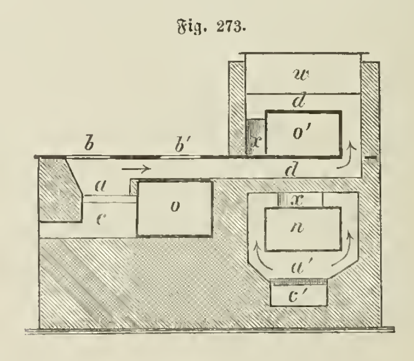
Fig. 272.



Chamotteplatte abgedeckt. Der Kanal zwischen Bratofen und Wärmspind kann — namentlich in der warmen Jahreszeit — durch die Klappe c abgeschlossen werden, und ziehen die heißen Gase direkt zum Fuchs x, berühren aber noch vor Eintritt in denselben die sogenannte Wasserblase w.

Der Kochherd Fig. 273 ist für größere Haushaltungen berechnet und wird gewöhnlich „Aufsatzherd" oder „Etagenherd" genannt. Die Herdplatte enthält zwei Öffnungen b und b′ mit Ringverschluß; durch die erstere wird die Feuerung a mit Coaks oder Kohle beschickt, und

Fig. 273.

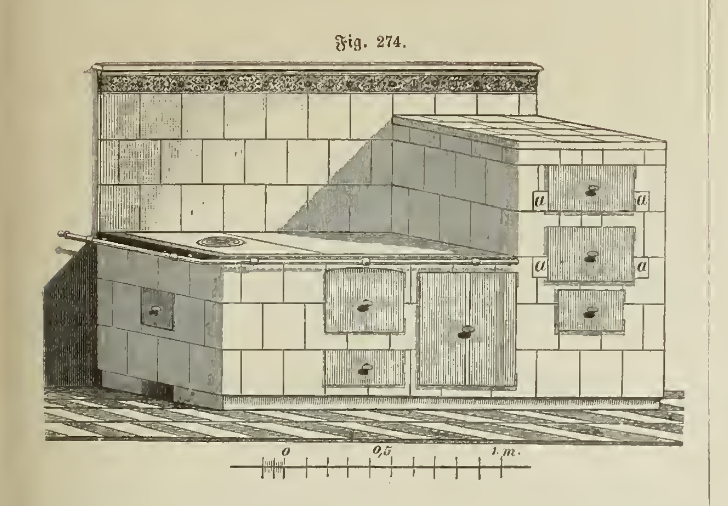


die aus dem Feuerraume kommenden Feuergase umspülen die Backröhre o′ vollständig, die Wasserblase w nur am Boden und ziehen dann in den Fuchs x ab. Unter der Ringöffnung b′ ist ein Wärmspind o angebracht. Unterhalb des Backofens o′ endlich liegt der Bratofen n mit besonderer Rostfeuerung a′ und Aschenfall c′.

Fig. 274 endlich stellt einen von Titel's Kunsttöpferei in Berlin konstruierten Kochherd für eine

größere herrschaftliche Küche dar. Die Abdeckung des Herdes geschieht durch Platten; dieselben ruhen in einem sogenannten Eckeisenrahmen. Die umherlaufende, die An-

Fig. 274.



näherung verhindernde, Schutzstange (Gallerie) besteht aus poliertem Kupfer. In dem Etagenbratofen befindet sich zu unterst die Einfeuerung für langflammiges Feuer.

In dem Plattenherde ist ein großes, zweithüriges Wärmspind mit drei Etagen, die durch Bleche getrennt werden, untergebracht; daneben liegt der Backofen mit Feuerloch und Thür. — In der Herdplatte befindet sich eine Ringöffnung zur Beheizung des Plattenherdes.

Die Wandbekleidung besteht aus Kacheln mit bunt-gemaltem Friese und Deckgesims; der Herd ist 2,20 m lang, 0,84 m breit. Die Reinigung der Feuerzüge erfolgt nach Entfernung der messingenen Verschlußkapseln a, a.

Die Erwärmung des zum Spülen erforderlichen Wassers geschieht in einer seitlich am Etagenofen liegenden kupfernen Blase, welche mit dem Abwaschspind durch Rohrleitung in Verbindung gebracht ist. Mittels eines regulierbaren Ventiles kann man dem Schwenkhahn des Spülspindes je nach Bedarf warmes oder kaltes Wasser entnehmen.

Freistehende Kochherde.

(Mit Marmorbekleidung.)

In Fig. 275—278 ist eine freistehende Kochmaschine für die Anforderungen einer größeren bürgerlichen Haushaltung in Grundriß, zweien Durchschnitten und einer perspektivischen Ansicht dargestellt. Als Brennmaterial ist gutes hartes Holz oder Kohle vorausgesetzt.

In einem Falz der kupfernen 12 cm breiten Einfassung g g liegt die, mit einer Ringöffnung p versehene, aus mehreren Teilen bestehende, gußeiserne Kochplatte, unter derselben das große, eiserne Bratrohr n, darunter das eiserne Warmrohr n', rechts seitwärts der kupferne Wasserkasten o. Das Brennmaterial wird durch die Ringöffnung p auf den Rost gebracht, eine Einrichtung, die den Vorteil hat, daß das Brennmaterial stets direkt auf den Rost fällt und die

Fig. 275.
Grundriß.

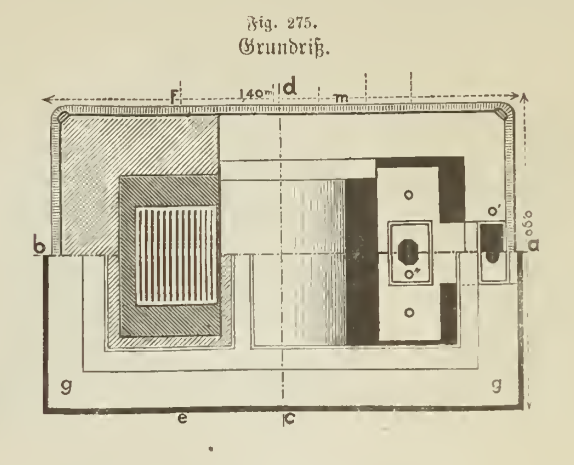


Fig. 276.
Querschnitt nach c—d.

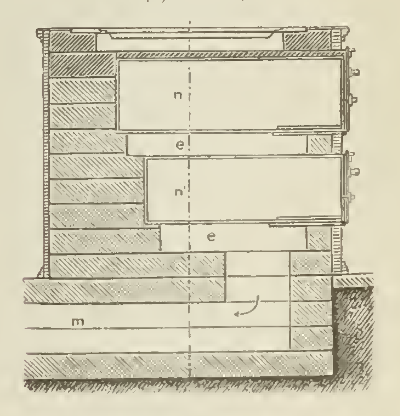
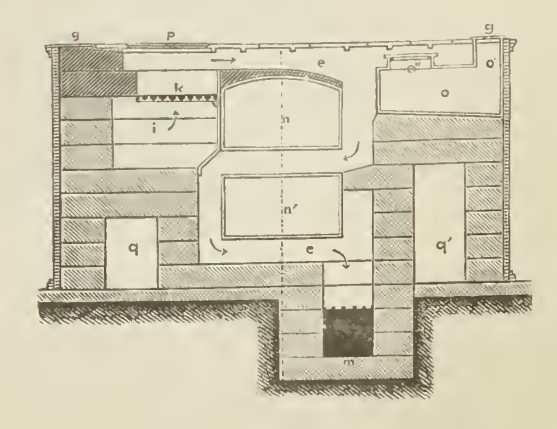


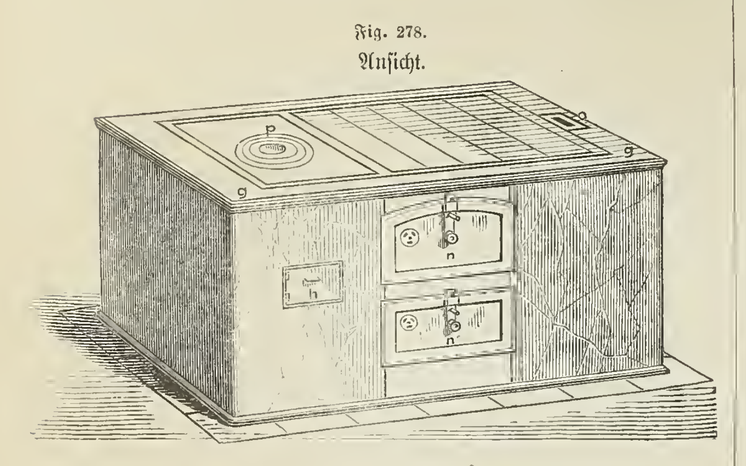
Fig. 277.
Längenschnitt nach a—b.



Verbrennung im kleinen Raume und bei hoher Temperatur vor sich geht. Die zur Verbrennung erforderliche Luft tritt durch die Thür h ein, gelangt in den Aschenfall i und durch den Rost in den Brennraum k. Von hier ziehen die Rauch-

gase unter der ganzen Kochplatte hin, erwärmen das Bratrohr n von oben, nehmen ihren Zug abwärts in der Richtung der Pfeile und ziehen durch den unterirdischen Rauch-

Fig. 278.
Ansicht.



kanal m in den Schornstein. Der Wasserkasten wird zwar nur an einer Langseite von den Rauchgasen bespült, wird aber von der Stichflamme fast bis zum Sieden erhitzt. Derselbe ist mit Hals o' zum Füllen und mit einer Reinigungsöffnung o'' versehen. Er könnte andere Form und andere Lage erhalten, jedoch ist die in der Zeichnung gewählte Konstruktion als dauerhaft zu empfehlen.

Der innere Raum der Kochmaschine wird gewöhnlich aus guten Mauersteinen in Lehmmörtel errichtet und der Brennraum vorteilhafter Weise in Chamottesteinen und Chamottemörtel hergestellt. Am Brennraum kann die Stärke 20—25 cm, an den übrigen Stellen 12 cm betragen und für Anstaltsküchen, welche den ganzen Tag im Betriebe sind, auch 20 cm. Bei so starken Umfassungen erhält die äußere Bekleidung nur eine sehr mäßige Temperatur, und können daher Marmorplatten zu derselben verwendet werden. Diese Marmorbekleidung ist billig, elegant und unverwüstlich. Wo es auf Eleganz nicht ankommt, können Schiefer- oder Serpentinplatten, auch Solenhofer Steine verwendet werden; selbstverständlich auch Kacheln und glasierte Hohlsteine.

Die Öffnungen q q' sind als Aussparungen angelegt. Zur Reinigung der Züge e, e sind an der Rückwand der Maschine entsprechende Öffnungen mit Kapselverschluß angebracht.

Ist die Anlage des Kochherdes in der Mitte der Küche nicht wohl statthaft, so läßt sich ohne sonstige Abänderung die Maschine mit ihrer Rückseite gegen eine innere, massive Scheidewand legen. Die Reinigung wird dann im oberen Teil wie vorher durch Abheben der Kochplatten und in den Zügen e dadurch ermöglicht, daß die Böden des Brat- und Wärmrohres zum teilweisen Herausnehmen in Schieberform konstruiert sind (vergl. die Doppellinien in der Zeichnung). Die Wandbekleidung kann ebenfalls aus Marmor bestehen und ruht auf eisernen Stifthaken, um mit der Kochplatte nicht in Berührung zu kommen. Bei solcher Konstruktion wird die Wärme von der Kochplatte nicht auf die Wandbekleidung übertragen, und letztere bleibt unberührt, wenn erstere aus irgend einem Grunde abgenommen oder verändert werden soll.

Die Bratofen- und Wärmspindthüren werden entweder von Eisen, geschliffen mit schwarzlackierten Füllungen hergestellt oder mit geschliffenen Eisenrahmen und Messingfüllungen. Beide Thüren sind als Fallthüren (d. h. um eine untere, horizontale Achse drehbar) konstruiert, was die Besorgung der Öfen wesentlich erleichtert. Der Wasserkasten besteht aus Kupfer oder emailliertem Eisen.

§ 89.

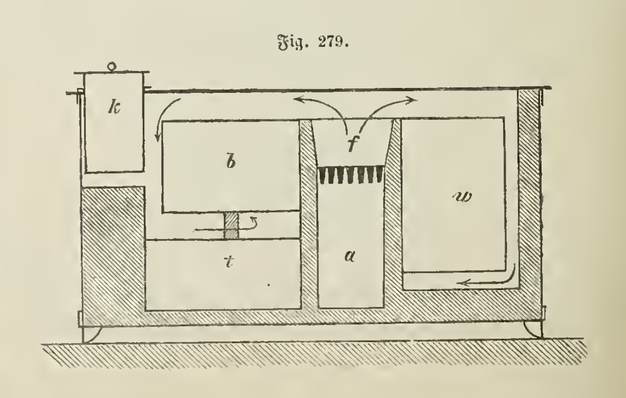
Kochherde aus Eisen.

Wegen ihrer bedeutenden Wärmestrahlung sind diese Herde für den Haushalt in Norddeutschland wenig beliebt; sie finden jedoch vielfach Anwendung am Rhein und in Hessen, namentlich aber in Westfalen, einmal wegen der geringeren Anschaffungskosten und, bei beschränktem Raume, wegen ihrer geringen Abmessungen und leichten Unterbringung. — In Westfalen herrscht vielfach die ererbte Gewohnheit, daß Herde und Öfen vom Mieter beschafft werden und daher bewegbar sein müssen.

Diese Kochherde können vollständig frei stehen, aber auch an zwei Seiten von den Umfassungswänden der Küche umschlossen sein; je mehr Seiten frei sind, desto leichter ist die Bedienung des Herdes und die Handhabung der Kochgeschirre.

Für elegante Haushaltungen enthält die Herdeinrichtung Fig. 279 eine Feuerung f mit Rost und Aschenfall, Bratofen b, Wasserschiff k und Wärmspind w, auch ein Trockenspind t.

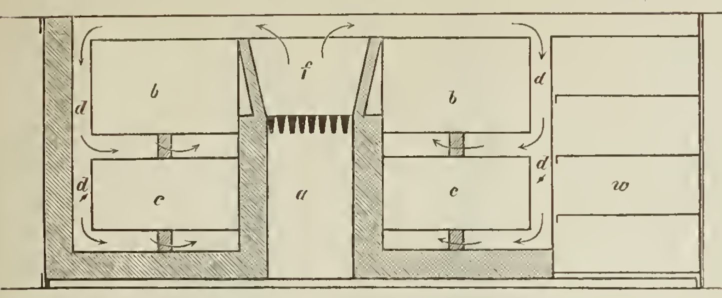
Fig. 279.



Die Kochherde für Restaurationen (Fig. 280) unterscheiden sich von denen für Privatküchen gewöhnlich

dadurch, daß erstere eine sogenannte Teilfeuerung in der Mitte haben. Die Flamme teilt sich über dem Brennraum f, streicht nach beiden Seiten unter der Kochplatte hin, und erhitzt diese. Auf ihrem weiteren Wege geben die heißen Verbrennungsprodukte ihre Wärme an die beiden

Fig. 280.



Bratöfen b, b und die von ihnen durch einen Zug getrennten Backöfen c, c gleichzeitig aber auch an das Wärmspind w ab, welches an der Schmalseite des Herdes angebracht ist. — Hinter der Feuerung f, und von dieser durch eine Wand von Chamottesteinen getrennt, ist die Wasserblase x mit äußerlich regulierbarem Abflußhahn angebracht.

Die Restaurationskochherde haben in den vertikalen Feuerzügen Absperrklappen (d, d, Fig. 280), welche es ermöglichen, einen Teil der Maschine abzusperren und nur die Hälfte des Herdes oder weniger zu benutzen.

Anm. Größere Herdanlagen, welche dem besonderen Bedürfnis dienen, wie der Kochherd in der Küche des Central-Hotels in Berlin mit 16 Bratöfen (vergl. Handbuch der Architektur, 3. Teil, Band 5), können hier unberücksichtigt bleiben.

Anwendungen.

§ 90.

Auf Taf. 51 geben wir die hochherrschaftliche Kücheneinrichtung in dem Palais v. Tiele-Winkler, Regentenstraße 15 zu Berlin.[1]) Fig. 1 stellt den Grundriß der ganzen Anlage, Fig. 2 den Querschnitt nach A B, Fig. 3 den Längenschnitt nach C D und Fig. 4 denselben nach E F dar. Auch hier ist von der Anwendung natürlicher Steinplatten (Marmor) zur Bekleidung der Feuerungsanlagen, der Abspültische und der umherlaufenden 1,5 m hohen Wandbekleidung umfassender Gebrauch gemacht.

Die Ausführung ist im Jahre 1875 durch die Fabrik für wirtschaftliche Heiz- und Kücheneinrichtungen von Marcus Adler in Berlin bewirkt worden.

In der hier dargestellten Küche wird bei gewöhnlichem Gebrauch für 30 Personen gekocht, sie genügt jedoch in außergewöhnlichen Fällen auch zur Herstellung von Diners für 120—150 Personen. Als anstoßende Nebenräume gehören dazu: ein Anrichteraum, eine Speisekammer und eine große Abspülküche.

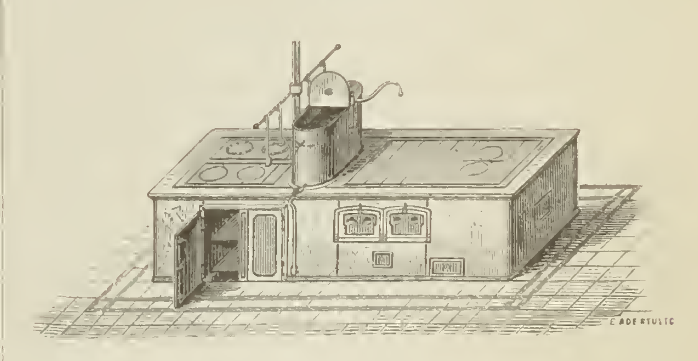
Die Kochküche enthält (wie Fig. 1 auf Taf. 51 zeigt):

1) einen freistehenden großen Kochherd mit Marmorbekleidung;
2) einen Etagenofen zum Braten und Backen;
3) zwei Vorrichtungen zum Spießbraten;
4) ein besonderes großes Wärmspind (Wärmeschrank);
5) einen Abspültisch zum kleinen täglichen Gebrauch, einen Ausguß;
6) ein Waschbecken mit Kalt- und Warmwasserauslaß;
7) einen Behälter zum Wässern von Fleisch, Fischen, Gemüse 2c. 2c.;
8) einen Anrichtetisch mit warmer Tranchierplatte;
9) Küchenspind und Tisch mit Wage.

Über der Marmorwandbekleidung sind Topfbretter angebracht, welche auf Konsolen ruhen. Messinghaken und Messingstangen dienen zum bequemen Unterbringen der verschiedensten Küchenutensilien.

I. Die Kochmaschine (Fig. 281) oder der Kochherd ist ringsum freistehend, 3,52 m lang, 1,41 m breit und hat

Fig. 281.



getrennte Brennräume für den großen und kleinen Betrieb. Zum kleinen Betrieb gehören der Gaskochherd mit zwei Ringöffnungen. Der große Betrieb umfaßt: den großen Kochherd mit zwei getrennten Brennräumen, zwei Bratröhren an jeder Langseite, ein durchgehendes Wärmspind, mit Flügelthüren an beiden Seiten, einen Tellerwagen zum Erwärmen einer großen Anzahl von Tellern und Schüsseln, eine kupferne Wasserblase mit Schwenkhahn und eine kupferne Heißwasserschlange mit Cirkulationsröhren und

1) Vergl. meine Mitteilung in Romberg, Zeitschrift für Bauwesen, Jahrg. 1880, 2. Liefg.

Wasserreservoir. Der Rauch der Kochmaschine wird unterirdisch abgeführt.

Die Umfassungen des Kochherdes sind regelrecht und stark ausgeführt und mit Marmorbekleidung versehen, alle Thüren mit eisernen Anschlagzärgen konstruktiv und dekorativ in die Herdbekleidung eingesetzt.

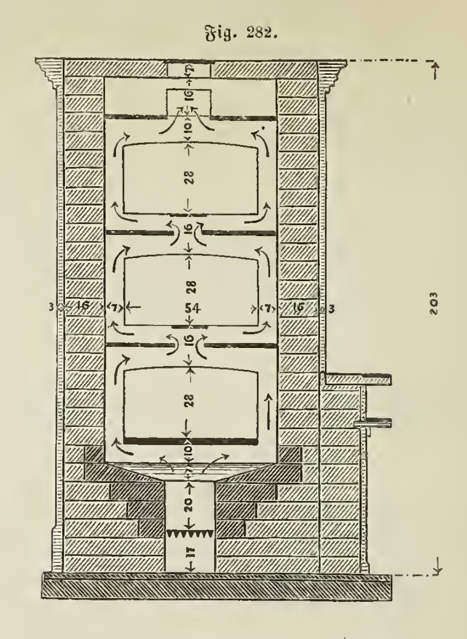
Das reine Kochwasser befindet sich in einer kupfernen, geschlossenen Wasserblase, die von den Rauchgasen umspült wird. Der obere Teil ist als Wasserbad mit Klappdeckel konstruiert und mit der Kaltwasserleitung durch das Verbindungsrohr k und einen Niederschraubhahn verbunden. Um das warme Wasser zum Ausfließen zu bringen, öffnet man den Hahn, wobei das kalte Wasser mit dem Drucke der öffentlichen Wasserleitung in die Blase eintritt. An seine Stelle tritt ein gleiches Quantum heißen Wassers in den offenen Schwenkhahn und ergießt sich in die untergestellten Töpfe.

Mittels der Cirkulationswasserheizung wird das zum Abwaschen, Spülen und sonstigen wirtschaftlichen Gebrauch erforderliche Wasserquantum erwärmt. Die Heizschlange liegt in den Brennräumen des Plattenherdes; von hier ziehen die Cirkulationsrohre zwischen der Decke der Bratöfen und den Herdplatten an dem Wasserbade vorüber, treten durch die Platte, steigen zur Decke empor und sind auf kurzem Wege in das Kaltwasserreservoir eingeleitet. Das Fallrohr bringt nun stets abgekühltes Wasser aus dem Reservoir zur Schlange zurück, während durch das Steigerohr erhitztes Wasser nach dem Oberteil des Reservoirs geleitet wird und so nach bestimmter Frist der Inhalt des Reservoirs erwärmt ist. Die Füllung des letzteren erfolgt automatisch, mittels Schwimmkugelhahn, aus der Wasserleitung.

Es kann hiernach mittels hydrostatischen Druckes überall dahin Warm- und Kaltwasser geführt werden, wo es benötigt ist. Solche Auslässe sind vorhanden: am Ausguß, an der Waschtoilette am Abspültisch, am Wassergrant (Behälter zum Wässern), unter der Tranchierplatte des Anrichtetisches (auch in der Spülküche und dem Anrichtezimmer). Dieser ausgedehnte Gebrauch warmen und kalten Wassers trägt zur Bequemlichkeit und Sauberkeit des Betriebes bei. Das abfließende unreine Wasser ist mittels einer Rohrleitung direkt mit dem Netz der öffentlichen Kanalisation verbunden.

II. Der Etagenbackofen (Fig. 282, links am Eingange) dient als Brat-, Back- und Konditorofen, enthält einen Brennraum von Chamottemauerwerk mit Rost und luftdichtem Thürverschluß und drei etagenweise übereinanderliegende Brat- resp. Backröhren. Die Züge sind so konstruiert, daß sich das Feuer unter dem Boden jeder Etage spaltet und oberhalb der Decke wieder vereinigt. Damit die Hitze des Brennraums nicht störend auf den Backprozeß der darüber gelegenen Ofenetage einwirken kann, ist zuvörderst eine starke Gußeisenplatte und als weiteres Schutzmittel eine Aschenschicht verlegt, auf welche der Boden der Backröhre

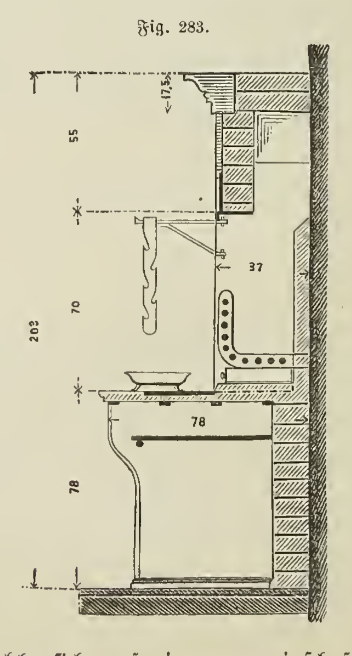
Fig. 282.



aufsetzt. Die Decken der Züge sind ebenfalls durch gußeiserne Platten hergestellt.

III. Feuerungen mit Bratspießvorrichtung (Fig. 283). Es sind zwei derselben und von gleicher Größe

Fig. 283.



vorhanden, welche sich auf einem gemeinschaftlichen Untersatze mit Vortisch erheben. Die eigentlichen Rauchgehäuse sind kaminähnlich gestaltet und mit Rost, Feuerkorb, Aschenschublade und beweglichem Galgen nebst Gehänge versehen, außerdem durch eiserne Thüren verschließbar. Die

Bratspieße werden mittels eines Uhrwerks in drehende Bewegung um eine horizontale oder vertikale Achse gebracht; man hat also liegende und hängende Spießbraten. Auf dem Rost wird ein Holzfeuer entzündet (am besten ist Holzkohle), und sobald es in Glut gebracht ist, werden die mit Fleisch besteckten Spieße durch Aufziehen der Uhrwerke in langsam drehende Bewegung gebracht, wobei sich die äußeren Fleischporen schließen und der Braten saftig und schmackhaft wird. Eine Pfanne mit Salzwasser unterhalb des Bratens dient zum Begießen desselben.

IV. Das Wärmspind hat Flügelthüren und im Innern mehrere Abteilungen zur Aufnahme des zu erwärmenden Tafelgeschirres. Die Erwärmung wird durch die von der Kochmaschine unterirdisch abziehenden Rauchgase bewirkt, welche hierher gezogen werden und die inneren Züge desselben umspülen, ehe sie in den Schornstein entweichen.

V. Der Abspültisch ist in drei Abteilungen gebracht, die erste dient zum Abwaschen, die zweite zum Abspülen des Geschirres, in der dritten soll das abgespülte Geschirr abtropfen, um dann leicht abgetrocknet werden zu können.

VI. Der Waschtisch mit Warm- und Kaltwasserzufluß ist eine große Annehmlichkeit für das Personal der Küche und dient zur Beförderung der Sauberkeit.

VII. Fische, Krebse, Fleisch, Gemüse, Salat müssen teils gewässert, teils gewaschen werden; zu diesem Zweck ist der zweiteilige marmorne Wasserbehälter (Wassergrant) angebracht und dieser mit Kalt- und Warmwasserzufluß resp. mit Abfluß nach den Kanalisationsrohren versehen.

VIII. Der Anrichtetisch enthält eine Anzahl Fächer mit Thüren und Kästen und die Tischplatte, in welche die schon erwähnte (durch Cirkulationsrohre erwärmte) Tranchierplatte eingelassen ist. Auf dieser wird das Fleisch beim Tranchieren warm gehalten.

Der Küchenschrank hat die gewöhnliche Form mit Untersatz, Ausziehbrettern und doppeltem Aufsatz.

Die Küche ist nach 17jähriger Benutzung noch wohl erhalten; eine Folge der dazu verwendeten soliden Konstruktionen und Materialien. Der Bedarf an Brennmaterial ist verhältnismäßig gering.

§ 99.

Einmauerung von Koch- und Waschkesseln.

Alle Koch- und Waschkessel sind oben offen und haben eine annähernd cylindrische, unten segmentähnlich abgerundete Gestalt. Den Abschluß des Feuerraums einer solchen Kesselheizung bildet der Kesselboden, und die Verbrennungsprodukte sollen so geführt werden, daß die Feuergase, nachdem sie den Boden bestrichen haben, an geeigneter Stelle aufsteigen, um auch die Wandungen des Kessels zu berühren. Dies kann geschehen — und zwar bei kleineren Kesseln — entweder durch strahlenförmige Züge (Taf. 53, Fig. 1—4) oder durch das sogenannte „Lauffeuer" oder den Schneckenzug. Das Lauffeuer ist entweder ein „einfaches" oder ein „gespaltenes" Lauffeuer. Auch das „doppelte Lauffeuer" oder der sogenannte „doppelte Schneckenzug" kommt zur Anwendung, wenn der Kessel groß und die Höhe nicht beschränkt ist. — Die mit Lauffeuer gesetzten Kessel bedingen gegen die ältere Art ohne Züge eine Ersparnis an Brennstoff von 30 Proz.

Wir werden im folgenden Beispiele für Kessel mit strahlenförmigen Zügen und mit ungespaltenem Lauffeuer geben, da diese letzteren sich bei den, vom großherzoglich hessischen Gewerbeverein angestellten, Versuchen als die zweckmäßigsten erwiesen haben.

Taf. 52[1]), Fig. 1 stellt den Grundriß, Fig. 2 den Durchschnitt nach A B, Fig. 3 den Durchschnitt nach C D und Fig 4 die Ansicht des Kessels dar. Derselbe hat 0,94 m oberen Durchmesser, 0,60 m Tiefe, verjüngt sich nach unten um 15 cm und ist aus Kupfer gehämmert.

Zum Auflager des Kessels sind 7 Unterstützungen in gleichen Abständen angelegt, welche sich nach der Mitte bis auf 6 cm zuspitzen und am äußern Ende in die 1 Stein starke Umfassungswand des Kessels eingreifen. Der Rost a liegt zwischen den vorderen Unterstützungen u u und reicht bis unter die Mitte des Kessels, damit die Flamme den ganzen Kessel umspülen kann. Die Einfeuerungsöffnung ist 26 cm breit und hoch, $^1/_2$ Stein stark überwölbt und mit einem Anschlag für die Thür versehen. Bei nur $^1/_2$ Stein starken Umfassungen ist eine Thür mit Eisenzarge zu verwenden. Die Ausströmungsöffnung g für den Rauch ist 15 cm hoch und breit und liegt dem Roste gegenüber. An dieser Stelle sind die Züge l, l am Boden des Kessels zugedeckt und die Stege m m als Feuerbrücken hochgeführt, so daß der Rauch durch einen oberhalb gelassenen Schlitz entweichen muß. Den Zug reguliert der Schieber n. Um die beim Kochen aufsteigenden Wasserdämpfe aus dem Kesselraum zu entfernen, ist ein Dunstfang von Blech über dem Kessel angeordnet, welcher nach allen Seiten 30 cm vorsteht und den Dampf in ein Dunstrohr von 26 cm Seite einleitet.

Die Vermauerung mit Lauffeuer oder Schneckenzug zeigt Taf. 52, Fig. 5—7. Fig. 5 giebt den Grundriß der Feuerung eines 1,6 m weiten Kessels, Fig. 6 den Durchschnitt nach A B, Fig. 7 den Querschnitt nach C D.

Der größere Kesseldurchmesser gestattet eine bessere Ausnützung der Verbrennungsprodukte als zuvor. Der Feuer-

1) Wir entlehnen die zugehörigen Figuren aus Manger, Blätter für gewerbliche Baukunde. Berlin, Ernst & Sohn.

gang beschreibt hier nämlich vom Roste aus eine $1\frac{1}{2}$ fache Windung um den Kessel von beiläufig 8,5—9 m Länge. Übrigens verlangt das Gewicht des Kessels mit seinem Inhalt eine zusammenhängende ringförmige, 20 cm breite Untermauerung b als Auflager; diese bildet einen kegelförmigen verengten Brennraum von 4—6 Schichten Höhe (letzteres für Holz- und Torffeuerung), der am Rost mit nur 30 cm Durchmesser beginnt, aber dennoch oberhalb den Kesselboden für das Feuer möglichst freilegt. Der Schneckenzug geht vom Rost aus in der Richtung des Pfeiles (Fig. 5) nach dem Kanal d, umspült den Kessel, indem er über der Heizöffnung sich fortsetzt und tritt nach $1\frac{1}{2}$ facher Windung durch das Feuerrohr f in das offene Vorgelege g, so daß die Einmündung höher liegt als der Thürsturz desselben. Die Decke der Schneckenzüge wird durch eine doppelte Dachziegelschicht in Lehm gebildet. Die Reinigungsöffnungen k, k werden so angelegt, daß man durch sie die Züge möglichst weit befahren kann.

Die Heizung dieses Kessels geschieht von dem „Vorgelege" g aus, was den Vorteil bietet, daß Rauch sich niemals in den Kochräumen verbreiten, und daß man Feuerung und Aschenfall, ohne Rücksicht auf die Höhe der Pflasterung, beliebig tief legen kann, weil andernfalls die Benutzung des Kessels — wegen zu großer Höhe seiner Bordkante — erschwert würde.[1])

Zur Erreichung des schnellen Abzugs der Dünste in das Schornsteinrohr würde es geraten sein, das Vorgelege in Höhe der punktierten Linie m zu überwölben; dadurch wird der Schornstein ein geschlossener, also der Zug befördert. Insbesondere ist es von Vorteil, die Verbrennungsprodukte, wie in Fig. 270, in ein eisernes Rauchrohr einmünden zu lassen, welches bis über Dach geführt wird und erhitzt aspirierende Wirkung hervorbringt, also zum Abzug der durch das Kochen entwickelten Dämpfe beiträgt.

Die Schieberöffnung erhält die übliche Weite der russischen Rohre, d. h. etwa $^{15}/_{20}$ cm Seitenabmessung oder 300 qcm Querschnitt. Diese Dimension würde auch für die Feuerzüge genügen: da sich jedoch die Schneckenzüge gern mit Flugasche füllen, so thut man gut, den Querschnitt derselben um die Hälfte zu vergrößern.

Kessel von 1—1,5 m Durchmesser werden endlich nicht selten mit geteiltem Schneckenzuge oder mit dem „gespaltenen Lauffeuer" versehen. Die Öffnung an der Feuerbrücke ist dann durch eine Zunge geteilt, so daß die Flamme, wenn sie auf den Kesselboden gewirkt hat, sich teilt und den Kessel von rechts und links umspült, um sich an der entgegengesetzten Seite wieder zu vereinigen und in den Schornstein zu entweichen. Im übrigen ist die Konstruktion von der vorherigen wenig abweichend.

Die Anlage einer größeren Anzahl von Kesselfeuerungen mit zugehörigem Schornstein, wie solche für den Bedarf von öffentlichen Anstalten oder im Fabrikbetrieb nicht selten erfordert werden, behandelt J. Manger in „Blätter für gewerbliche Baukunde", Taf. II. Auch die Einmauerung der Braupfannen, der „Blasen" für Branntweinbrennerei, der Kessel zum Anstellen der „Färbeflotten" u. dgl. m. findet sich in diesem Werke behandelt.

Gegenwärtig werden jedoch diese gewerblichen Siedeprozesse meistens mit Dampf bewirkt, und an die Stelle der Menschenhand sind im Großbetriebe maschinelle Einrichtungen getreten. Dies ist namentlich auch der Fall in den großen Küchen der Humanitätsanstalten (der Krankenhäuser, Irrenanstalten, Gefängnisse, Volksküchen 2c.).

Eine ausführliche Beschreibung mit den Grundrissen der Kochanstalt und Waschanstalt des Provinzial-Irrenhauses zu „Düren" (Rheinprovinz) enthalten die Nummern 6 und 7 des „Rohrleger", Jahrg. 1879, auf welche wir hiermit verweisen. Beispiele ausgeführter Waschküchenanlagen enthält die Baukunde des Architekten, Bd. I, Teil 2, S. 1243 u. f.

1) Kommt dieser Umstand bei großen Kesseln nicht wesentlich in Betracht, so kann man das Vorgelege sparen, den Kessel von innen heizen und denselben mittels kleiner Treppen von 2—3 Stufen bedienen. Zur besseren Ausnutzung der Verbrennungsprodukte wendet man auch wohl den sogenannten doppelten Schneckenzug an, wobei der Feuergang vom Rost ab eine Länge von 1,50 m erreicht. Zum Abzug der Verbrennungsprodukte wird sodann ein befahrbares Rohr erforderlich, und als Dunstschlot kann ein Wrasenrohr nebenan aufgeführt werden, dessen schwache Wange den Abzug im Schlot durch Wärmeabgabe begünstigt.

Zweiter Abschnitt.

Gas-, Wasser- und Telegraphen-Anlagen.

Erstes Kapitel.

Die Gasbeleuchtungs-Anlagen in Wohngebäuden.

§ 1.

Geschichtliches. Um die Einführung der Gasbeleuchtung haben sich besonders verdient gemacht der Franzose Philipp le Bon und der Engländer William Murdoch. Letzterer beleuchtete bereits im Jahre 1802 das Etablissement von James Watt mit Gas; sein Schüler war der talentvolle Samuel Clegg. Mit Hülfe dieses genialen Ingenieurs gelang es dem deutschen Hofrat Winzer (Winsor), die von ihm unter dem Namen „London- & Westminster-Gaskompanie“ gegründete Gesellschaft lebensfähig zu machen. Die Pfarrei St. Margareth in Westminster war derjenige Stadtteil Londons, welcher das erste Gaslicht erhielt, und der 1. April 1814 ist als das Datum der Einführung des Gaslichtes zur Straßenbeleuchtung in Europa[1]) zu betrachen.

In den größeren Städten Deutschlands erlangte die Gasbeleuchtung Verbreitung durch die Imperial-Continental-Gas-Association in London, welche im Jahre 1825 Hannover und 1826 Berlin mit Gaseinrichtung versah. 1828 erhielt Dresden (durch Blochmann) und Frankfurt a. M. (durch Schiele) Gasbeleuchtung. — Nach 1850 ist die Einführung des Gaslichtes auch in den deutschen Mittelstädten häufiger geworden.

Litteratur. Das erste und vollständigste Werk über diese Materie ist:

Dr. N. H. Schilling, Handbuch der Steinkohlen-Gasbeleuchtung. 3. Auflage. München 1879.

Ferner nennen wir:

Dr. H. Schilling und Dr. H. Bunte, „Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung.“
Dr. F. Jahn, Dresden (jetzt Prag), „Gasbeleuchtung.“
Em. Schreiber, Das Kochen und Heizen mit Gas. Weimar 1861.
Redtenbacher, Resultate des Maschinenbaues. 6. Aufl.
J. H. W. Ilgen, Die Gasindustrie der Gegenwart. 1874.
A. Scholtz, Konstruktion u. Anlage der Gas- und Wasserleitungen in Gebäuden u. s. w. 1881. 4°.
Friedr. Siemens, Bericht über die Smoke-Abatement-Exhibition. 1882. 8°.
— Über die Vorteile der Anwendung hoch erhitzter Luft für die Verbrennung. 2. Aufl. 1887. 8°.
L. G. Aschner, Der praktische Gas-Installateur. 1881. 8°.

Die Abgabe des Leuchtgases von der Gasanstalt an die Konsumenten wird durch ein unterirdisches Netz von gußeisernen Röhren — die Hauptröhrenleitung — vermittelt. An den Häusern der Konsumenten und wo Straßenflammen brennen, gehen „Abzweigungen“ von geringerem Durchmesser ab (25—40 mm Lichtweite), welche am besten ebenfalls aus Gußeisen bestehen. Weniger als 20 mm im Lichten darf keine Abzweigung haben, selbst wenn der Bedarf nur 1—2 Flammen erfordert[1]); man bedient sich dann aber schmiedeeiserner, gezogener Rohre.

Die Zweigleitungen erhalten Gefälle nach der Hauptleitung zu und liegen mit dem höchsten Punkte mindestens 0,50 m unter dem Boden. Der Anschluß an die Haupt-

1) Der Amerikaner Henfrey beleuchtete (mit Gas aus Braunkohle) schon im Jahre 1801 einen Saal in Baltimore und 1802 einen Belustigungsort zu Richmond in Virginien.

1) Für 1— 5 Flamm. genügt ein 20 mm weites Zuleitungrohr,
„ 6— 15 „ „ „ 25 „ „ „
„ 16— 25 „ „ „ 30 „ „ „
„ 26— 40 „ „ „ 35 „ „ „
„ 41—100 „ „ „ 50 „ „ „
„ 101—150 „ „ „ 60 „ „ „
„ 151—250 „ „ „ 75 „ „ „
Für einfache Laternen nimmt man das Zuleitungsrohr 25 mm weit.

rohrleitung geschieht entweder durch in dieselbe eingesetzte ⊤Stücke oder durch Anbohren des Hauptrohres und Umlegen einer Rohrschelle, in deren Muffe das Zuleitungsrohr auf gewöhnliche Weise eingebleit wird. — Die Zuleitungen müssen auf der Straße abzuschließen sein (bis 50 mm Weite durch Hähne), doch dient diese Absperrvorrichtung nur den Zwecken der Gasanstalt, namentlich zum Abschluß bei Feuersgefahr.

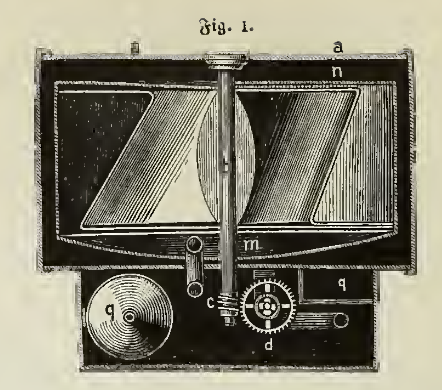
Die „Zweigröhren“ leiten das Gas durch den Konsum-Gasmesser ins Innere der Lokale. Letzterer soll geschützt im Keller stehen; andernfalls ist das Aufsteigerohr mit einer Erweiterung von 40—60 mm Weite, dem sogenannten Eisaufhalter, zu versehen.

Die Gasuhren oder Gasmesser, Gaszähler haben den Zweck, den Gasverbrauch in einer bestimmten Lokalität festzustellen, d. h. das durch sie hindurchgegangene Leuchtgas der Quantität nach zu messen. Man hat dazu trockene und nasse Gasmesser; die letzteren sind die gebräuchlicheren, doch bieten trockene Gasmesser den Vorteil, daß sie dem Einfrieren nicht ausgesetzt ist.

Die nassen Gasuhren haben ein äußeres Gehäuse von lackiertem Weißblech, welches durch eine Querwand in zwei Abtheilungen, das Vorder- und Hintergehäuse, gebracht ist. Am Vordergehäuse befindet sich das Gaszuströmungsrohr, während das Hintergehäuse die Meßtrommel aufnimmt und mit dem Ausströmungsrohr kommuniziert. — Die Figuren 1—4 geben einen nassen Gasmesser neuester Konstruktion. In Fig. 4 ist a das Gehäuse, b die Trommelachse der Meßtrommel a', c die an der Trommelachse befestigte Schraube ohne Ende, d das durch die Schraube in Bewegung gesetzte Rad mit Radwelle e und f das Zählwerk. Durch das Eingangsrohr g gelangt das Gas in die Vorkammer k und von da durch das Knierohr l — welches unterhalb in den Syphon r eintaucht — in den abgeschlossenen Raum m der Trommel a' und deren Fächer, welche es durchströmt und mittels des Gasdrucks eine Bewegung um die Achse b in ähnlicher Art hervorbringt, wie die Bewegung der Flögelräder durch den Druck des Windes erfolgt. Das Gas sammelt sich in dem freien Raume n des Hintergehäuses, ehe es durch das Ausgangsrohr o die Gasuhr verläßt. In dem Vordergehäuse befindet sich das Zuströmungsventil i, welches durch einen Draht mit dem Schwimmer p verbunden ist, um den Zufluß auf normaler Höhe zu halten. Die Schraube s, Fig. 2, dient zur Entfernung des im Syphon angesammelten Wassers. Bei zu geringem Wasserstande schließt sich das Ventil i: es muß daher Wasser nachgefüllt werden, wozu ein kurzes Nachfüllrohr bei q dient. Die Gasuhr muß an einem frostfreien Orte Aufstellung finden und auf horizontaler Unterlage montiert werden; zum Schutze empfiehlt sich ein verschließbarer hölzerner Kasten.

Je nach der Anzahl der Flammen, welche in einem Lokale erforderlich sind, erhalten die Gasmesser verschiedene Größe; es giebt Gasmesser zu 3, 5, 10, 20, 30, 50, 60, 80, 100 Flammen. Schon die 10flammigen Gasmesser haben vier Räder am Zählwerk und zeigen den Gaskonsum nach Einern, Zehnern, Hunderten und Tausenden von Kubikmetern.[1])

Fig. 1.



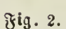


Fig. 2. Fig. 3.

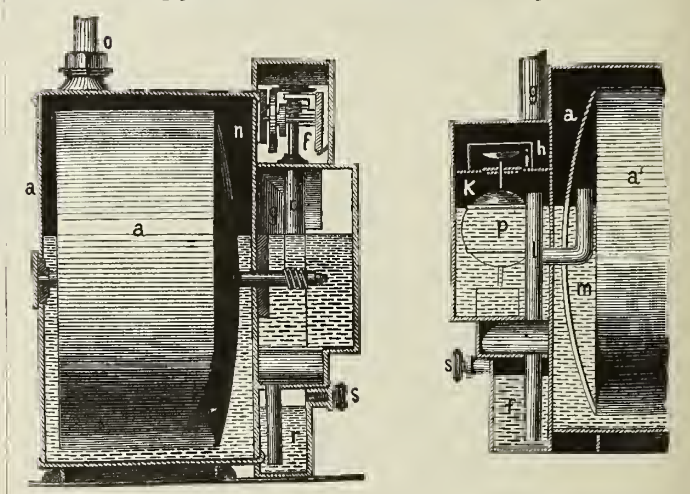
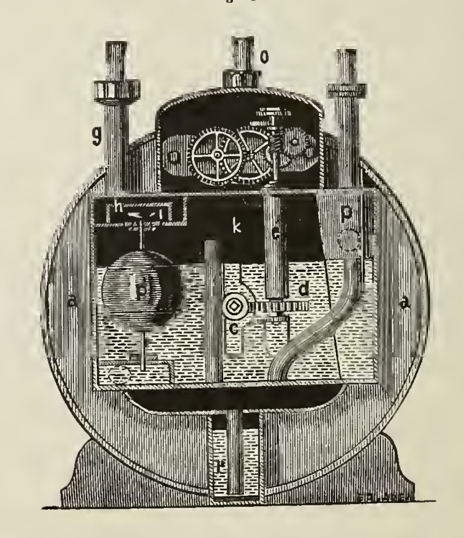


Fig. 4.



Von der Gasuhr gelangt das Gas durch die innere oder Privatleitung in die Heiz- resp. Beleuchtungsapparate. Die Gaszuströmung wird durch einen Haupthahn reguliert resp. abgesperrt; zum Absperren einzelner Flügel oder Gebäudeteile dienen sogenannte Extrahähne. Endlich ist an jeder Gasflamme ein kleiner Hahn, der sogenannte Brennerhahn angebracht.

---

1) Nasse Gasmesser mit im Eichgesetze vorgeschriebenem Inhalt fabrizieren: S. Elster in Berlin, L. A. Riedinger in Augsburg und Siry, Lizars & Co. in Leipzig.

Trockene Gasmesser: S. Elster in Berlin und Kromschröder in Osnabrück. (Vergl. Gaskalender für 1880.)

§ 2.

Verbindung der Privatrohrleitung.

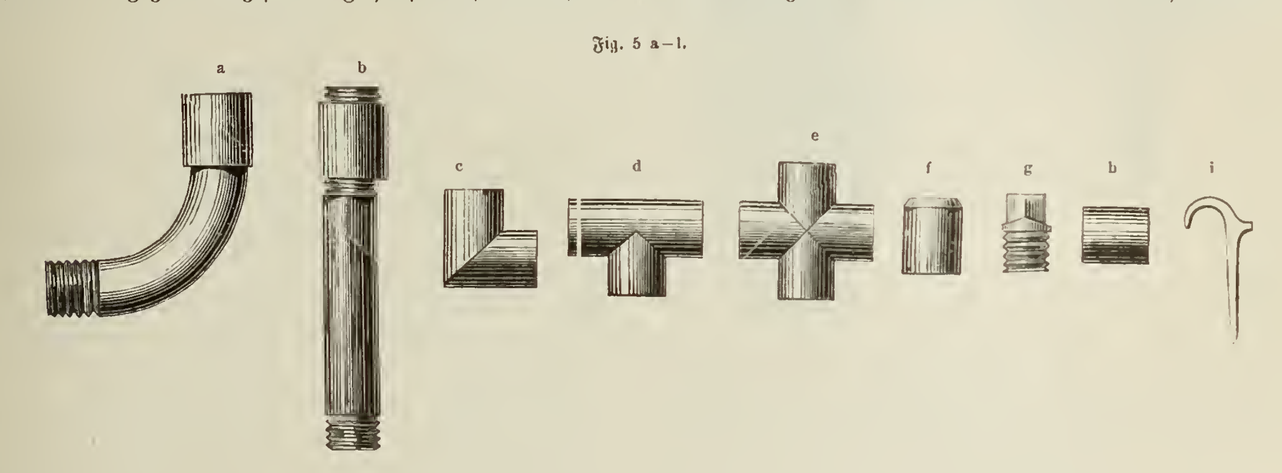
Die vom Gasmesser ausgehende Leitung wird aus schmiedeeisernen, gezogenen Röhren hergestellt, welche — wie die Perkinsrohre — durch Verschraubung mittels besonderer Façonstücke verbunden werden und in den verschiedensten Dimensionen im Handel vorkommen. Die Rohrweiten richten sich nach dem hindurchzuführenden Gasquantum, d. h. nach der Zahl der zu speisenden Flammen.[1]) Einen ungefähren Anhalt zur Bestimmung der Rohrweite mit Rücksicht auf die Rohrlänge giebt untenstehende Tabelle.[2])

Das zur Verbindung der Gasröhren gebräuchliche Gewinde ist das sogenannte Gasgewinde und wird nach dem inneren Rohrdurchmesser benannt, während das Messinggewinde nach dem äußern Durchmesser bezeichnet wird.

Die **Verbindungsstücke** der Rohrleitungen bestehen, außer den in Fig. 5 dargestellten Façonstücken, nämlich den Muffen h, Bogenstücken a, Kniestücken c, Kreuzstücken e, ⊤ Stücken d ꝛc., aus: Reduktionsmuffen zur Verbindung zweier Rohre von verschiedenem Durchmesser. Um das Ende einer Zweigleitung zu verschließen, wendet man den Pfropfen g oder die Kappe f an; der erstere läßt sich in die Muffe hineinschrauben. Langgewinde b kommen zur Anwendung, wenn in einem Rohrstrange ein kurzes Stück einzuschalten ist oder wenn zwei festliegende Teile eines Stranges verbunden werden sollen. (Die Verbindung der festen Enden erfolgt durch das Zurückdrehen der Muffe.) Nipples endlich sind kurze Rohrstücke, welche außen in ihrer ganzen Länge Gewinde haben und zum Einschrauben in die Muffen dienen, wenn zwei der letzteren aneinanderstoßen müssen.

Zur Befestigung der Rohrleitungen an den Wänden und Decken der Gebäude werden Rohrhaken oder Kloben i gebraucht, die man durch Schläge gegen die Nase des Hakens in die Mauerfuge eintreibt und in 1—1,25 m Entfernung anbringt.[1]) In neuen Gebäuden legt man gern die Gasröhren in das Mauerwerk, bezw. in den Wandputz, auch in den Deckenputz, ein, so daß nur die Ausmündungen aus Wänden oder Decken heraustreten.

Fig. 5 a—i.



Dies bedingt, da Fehler schwer zu entdecken und zu beseitigen sind, eine sehr sorgfältige Ausführung, und es ist also dringend erforderlich, sie nur ganz zuverlässigen Händen anzuvertrauen. Übrigens vermeide man bei Gasrohrleitungen Winkel und Bögen so viel man kann und suche möglichst gerade Linien einzuhalten. Bleiröhren, obwohl sehr biegsam, werden bei den Putzarbeiten leicht beschädigt und sind daher an vielen Orten polizeilich verboten.

Die Ausläufer der Privatgasleitungen endigen entweder an den Zimmerwänden oder den Zimmerdecken, je nachdem man Wandlampen oder Hängelampen verwenden will. Um eine solide Verbindung zwischen der Leitung und den Lampen herzustellen, bedient man sich der sogen. Deckenscheiben oder Wandscheiben, welche an die Enden der Leitung, da wo man die Lampe anbringen will, befestigt

1) Als Flamme ist ein Argandbrenner mit 150 Liter stündlichem Gaskonsum zu Grunde gelegt.

2)

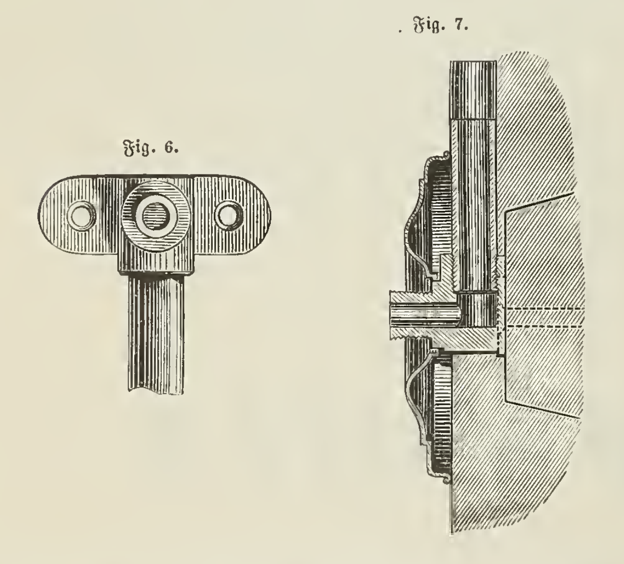
Lichte Rohrweite mm	Flammenzahl bei einer Rohrlänge von:									
	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m	27 m	30 m
9	4	3	2	1	—	—	—	—	—	—
13	10	7	5	4	3	2	1	—	—	—
19	25	14	10	8	6	5	4	3	3	2
25	60	38	26	19	15	12	10	8	7	6
31	100	64	42	32	25	20	16	13	10	8
38	150	95	65	48	37	30	25	20	16	13
50	350	228	156	114	90	70	60	50	40	25

1) Von manchen Technikern werden statt der Haken in den Zimmern Rohrbänder angewendet.

werden. Diese Befestigung erfolgt stets gegen Holzunterlage, welche bei Holzwänden und Rohrdecken durch die Bretterschalung gegeben ist. Bei massiven Wänden und gewölbten Decken findet die Befestigung gegen hölzerne Dübel statt, welche in die Mauer eingegipst werden.

Eine solche Deckenscheibe besteht aus Messing, hat 5 bis 6 cm Durchmesser, ist mit 3 Löchern für die Holzschrauben und einer seitlichen Einführung mit innerem Gewinde versehen, in welche das Ende des Eisenrohres eingeschraubt wird.

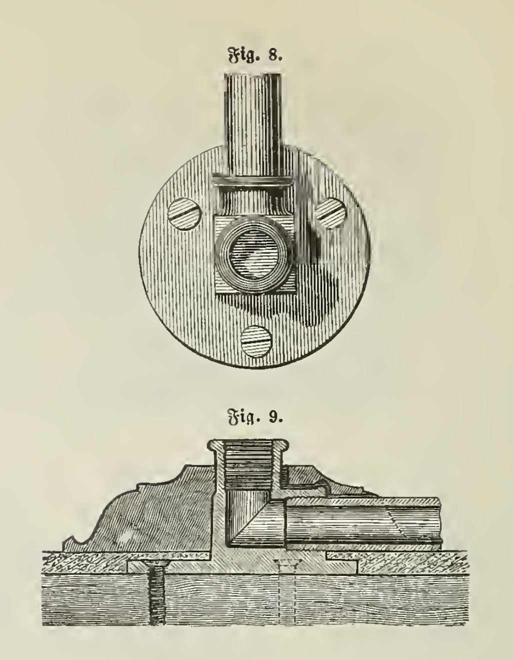
Fig. 6 und 7 zeigen eine Verbindungsstelle für einen Wandarm. Das eiserne Leitungsrohr kommt (bündig mit


Fig. 6. Fig. 7.

dem Wandputz) von oben herab und ist in ein messingenes Winkelstück eingeschraubt, welches mit Ohren versehen und mit Holzschrauben befestigt ist. Eine Rosette aus Messingblech deckt die Verbindungsstelle bis auf den Zapfen des Winkelstückes, der aus der Rosette hervorsteht. An diesen Zapfen wird nachher die Lampe angeschraubt.

Fig. 8 und 9 geben die Verbindungsstelle für eine Hängelampe. An die Deckenscheibe ist wie vorher ein Winkelstück angegossen und in dieses das Leitungsrohr eingeschraubt, das in diesem Falle auf dem Deckenputz frei aufliegt. Eine Holz- oder Stuckrosette bildet die Verkleidung, auf welcher der Zapfen der Scheibe vorsteht.

Ist die Leitung inkl. der Wand- und Deckenscheiben fertiggestellt, so werden diese letzteren mit Kapseln oder Pfropfen verschlossen. Vor Inbetriebsetzung muß die Leitung jedoch in Bezug auf Dichthalten einer Probe unterzogen werden, wozu man ein Manometer, eine Gasuhr und — bei Röhren von mehr als 25 mm Lichtweite — eine Druckpumpe verwendet. Erst nachdem die Leitung diese Probe bestanden, kann der Gasmesser gestellt, die Lampen können angeschraubt werden und der Inbetriebsetzung steht nichts im Wege.


Fig. 8. Fig. 9.

§ 3.

Beleuchtungs-Apparate.

Die zur Privatbeleuchtung dienenden Apparate werden, wie aus § 2 hervorgeht, entweder an den Wänden, oder an den Decken der Zimmer befestigt, resp. auf dem Fußboden placiert; im ersten Falle heißen sie Wand- oder Deckenlampen, im letzten Falle Stehlampen, Kandelaber. Feststehende Kandelaber kommen innerhalb der Gebäude in der Regel nur in Vestibülen, Treppenhäusern, auf Ladentischen und in Schaufenstern zur Verwendung.

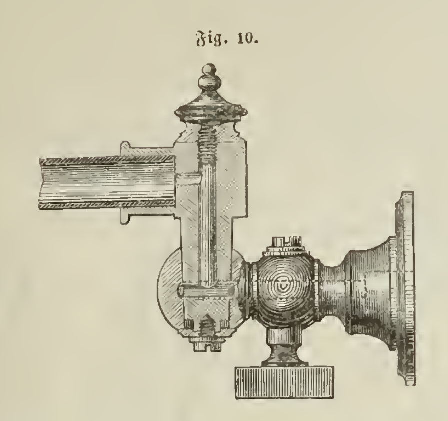
Gegenwärtig werden die Lampen aus Messingrohr oder Eisenrohr fabriziert; die Verzierungen der Arme rc. rc. pflegt man dagegen aus Messing- oder Zinkguß, aus Schmiedeeisen oder Eisenguß, aus Porzellan und Glas herzustellen, und zwar, sofern Metall zu den Verzierungen verwendet ist, entweder poliert oder bronziert, verkupfert, vernickelt, versilbert, echt oder unecht vergoldet.

a) Wandlampen haben entweder steife, d. h. feststehende oder bewegliche Wandarme. Die Arme werden von glatten, gewundenen oder façonnierten Rohren, beliebig verziert, gefertigt und der vordere Teil des Armes mit einem Gewinde zur Aufnahme des Brenners oder der Brennerhülse versehen. Auch der hintere Teil trägt eine Rosette mit innerem Gewinde, um den Arm damit auf den Zapfen der Wandscheibe festschrauben zu können. An die Rosette schließt sich der Hahn zur Regulierung resp. Absperrung der Gaszuströmung, dessen Griff am Küken so gestaltet ist, daß er sich mit der Hand drehen läßt.

Wünscht man, daß der Lampenarm eine horizontale Bewegung machen könne, so schließt sich, wie Fig. 10 zeigt, an den Hahn ein Gelenk an, dessen Hülse mit der

Hahnenhülse und Rosette ein Gußstück bildet. Die Gelenkhülse ist mit einer ringförmig ausgedrehten Nut versehen, von demselben Querschnitt wie die Hahnenöffnung, so daß bei geöffnetem Hahne das Gas den Kanal ringsum durchströmen kann. Der in die Gelenkhülse eingeschliffene Zapfen

Fig. 10.

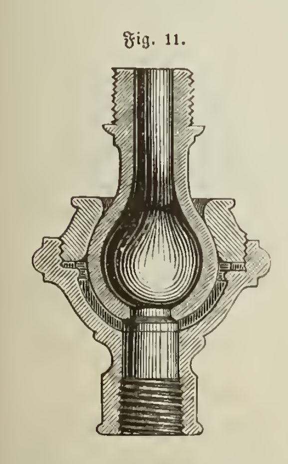


hat seinerseits in derselben Höhe eine horizontale Durchbohrung und senkrecht zu dieser eine vertikale Bohrung, welche mit seitlicher Abzweigung in die Muffe des horizontalen Lampenrohres einmündet. Das Gas hat daher bei jeder Stellung des Lampenrohres freie Bewegung vom Hahn durch das Gelenk bis in das weite Lampenrohr. Solche mit Hinterbewegung versehene Wandlampen nennt man „einfache Gelenkwandlampen".

Nicht selten giebt man den Wandarmen doppelte oder dreifache Bewegung von ganz ähnlicher Konstruktion wie die oben beschriebene und nennt dann die einzelnen Stücke „Zwischengelenke".

b) Hängelampen bestehen in der Regel aus einem von der Decke herabhängenden Rohre mit armförmigem Unterteil, an dem der Brenner befestigt wird; sie sind entweder „steif" oder beweglich. Die Steifrohre der festen Hängelampen sind aus 12,5 bis 19 mm weitem Messingrohr oder Schmiedeeisenrohr hergerichtet, welches oberhalb in einer Rohrschraube, einem Gelenk mit Scheibe oder einem Kugelgelenk festgehalten wird. Die Lampe mit Rohrschraube gestattet keine Bewegung; das Gelenk erlaubt die Bewegung in einer vertikalen Ebene und ist genau nach Fig. 10, doch ohne Hahn, konstruiert. Das Kugelgelenk endlich erlaubt Bewegungen nach jeder beliebigen Richtung und wird durch Fig. 11 repräsentiert. Der Rohrzapfen der Deckenscheibe hat nämlich eine kugelförmige Erweiterung.

Fig. 11.



Diese hohle Kugel wird von einer aus zwei Teilen bestehenden Hülse umfaßt, in deren unteren Teil das Lampenrohr eingeschraubt ist. Der obere Teil der Hülse bildet den eigentlichen Verschluß und ist zu dem Ende auf die Kugel aufgeschliffen, wogegen zwischen Kugel und Rohrschraube eine Lederkappe eingelegt ist. Auch die Fuge zwischen den Hälften der Hülse ist durch Leder gedichtet und die Bewegungsteile sind mit Fett eingeschmiert.

Das Unterteil des Hängearmes ist entweder einarmig oder zweiarmig mit Knie und Spitzhahn. Sind drei oder mehr Arme vorhanden, so nennt man die Hängelampe einen Kronleuchter oder Lüster. Zu den Hängelampen gehört ferner die Lyra und die Ampel.

Auch die Hängelampen werden beweglich konstruiert, in der Art, daß die Flamme auf- und abwärts geschoben werden kann; sie sind zu dem Ende mit Zugvorrichtung versehen. Man unterscheidet Korkzuglampen, Stopfbüchsenzuglampen und Wasserzuglampen. Bei den ersteren wird die Dichtung zwischen dem beweglichen inneren und dem feststehenden äußern Rohr mittels eines durchbohrten Korkcylinders erreicht. Bei der zweiten Art wird sie mittels in Fett getränkter Wolle in einer Stopfbüchsenschraube hergestellt. Schwache Züge fertigt man aus 16 und 9,5 mm weiten Messingrohren, mittlere Züge von 17,5 und 11 mm und starke Züge aus 19,5 und 12,5 mm weiten Messingrohren.

Bei den Wasserzuglampen besteht der untere Teil aus zwei Röhren, deren Zwischenraum mit Wasser gefüllt ist. Zwischen diese beiden Röhren schiebt sich der feste Hängearm hinein, und da hier die Reibung fehlt, muß das bewegliche Unterteil in Ketten über Rollen aufgehängt und durch Gewichte abbalanciert werden. Die geringste Zahl von Aufhängepunkten, die man einer Wasserzuglampe giebt, sind zwei; enthält die Lampe drei, vier oder mehr Flammen, so entspricht die Anzahl der Rollen, Ketten und Gegengewichte der Zahl dieser Flammen.

Übrigens geben die Wasserzüge diesen Lampen ein reiches Ansehen, verlangen aber auch eine gute Aufsicht, damit das Sperrwasser nicht zu weit verdunstet und infolgedessen der hydraulische Verschluß aufgehoben wird. Aus letzterem Grunde ersetzt man das Sperrwasser durch Glycerin.

c) Die Stehlampen unterscheidet man als unbewegliche und transportable. Bei den ersteren findet die Gaszuleitung von unten her statt und die Stehlampe muß daher in ihrem hohlen Schachte dem Gasrohr hinreichenden Raum bieten, auch eine bequeme und solide Befestigung der Brennerhülse gestatten.

Transportable Gaslampen werden mittels eines Gummischlauches von der Rohrleitung her mit Gas gespeist und sind daher zur Aufnahme des Schlauches mit seitlich

angebrachter messingener Schlauchhülse versehen. Die transportablen Lampen besserer Art erhalten, wie alle Argandlampen, einen Glascylinder, in dem die Verbrennung vor sich geht, und einen Lampenschirm oder Milchglasglocke. — Für Werkstätten hat man auch einfache Stehlampen aus Eisen unter der Bezeichnung „Werkstattleuchter".

Eine Zusammenstellung von Beleuchtungs-Apparaten aus der Fabrik von C. Kramme in Berlin enthält Taf. 53 und zwar stellt dar:

Fig. 1 einen Wandarm mit einfacher Hinterbewegung.
„ 2 „ „ „ dreifacher Bewegung.
„ 3 und 4 steife Wandarme.
„ 5 und 5ª einfachste Form der einarmigen Hängelampen (Pendants).
„ 6 Pendant mit Glocke und Cylinder.
„ 7 Lyra mit Schale und „Blaker".
„ 8 Ampel für Hausflurbeleuchtung (Absperrhahn bei a).
„ 9 zweiarmige Hängelampe von Messing oder Schmiedeeisen.
„ 10 fünfarmiger Lüster von Bronze.
„ 11 Kandelaber (Treppenpfosten-Aufsatz) mit Milchglasglocke.
„ 12 gewöhnlicher Kandelaber für Hof- oder Gartenbeleuchtung mit Laterne.
„ 13 Hängelaterne zur Beleuchtung der Fassaden.

Die Brenner.

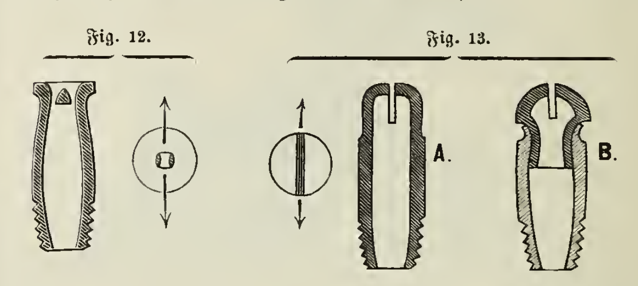
Man unterscheidet Brenner für offene Flammen, Flachbrenner oder Freibrenner, und solche für geschlossene Flammen, Rundbrenner, bei denen das Gas in einem Glascylinder eingeschlossen brennt.

a. Brenner für offene Flammen.

1) Der Einlochbrenner oder Strahlenbrenner, Bougiesbrenner, ist eine kurze, cylindrische, mit kreisförmig durchbrochenem Deckplättchen versehene Röhre. Das Gas strömt aus einem runden Loche und die Flamme, die im Innern nicht genügend Luftzutritt hat, brennt mit schwacher Leuchtkraft. Einlochbrenner werden daher hauptsächlich nur für Nachtlämpchen, Cigarrenanzünder, Siegelleuchter u. dgl. angewendet. Zu Illuminationszwecken schraubt man sie reihenweise auf weite Röhren, oder es werden Figuren aus 10 bis 12 mm weiten Röhren gefertigt, aus denen die Flämmchen mit 1—2 mm weiten Löchern brennen.

Anm. Aus den Untersuchungen, welche im Auftrage der französischen Regierung durch Audouin und Berard[1]) angestellt wurden, geht hervor, daß der Einlochbrenner im besten Falle noch nicht die Stärke von 9—10 Kerzenflammen erreicht. Die Leuchtkraft desselben wächst mit der Weite der Öffnung und bei derselben Öffnung mit dem Konsum. Das Maximum der absoluten Leuchtkraft entspricht der größten Brenneröffnung und dem geringsten Druck.

2) Der Zweilochbrenner (Fig. 12) auch Fischschwanzbrenner genannt, hat zwei schräg gestellte, so gegeneinander gerichtete Löcher, daß die entgegengesetzt gerichteten Gasstrahlen sich beim Austritt treffen und in der Richtung der Pfeile (d. h. rechtwinklig auf die Ebene, in der die Löcher liegen) ausbreiten. Diese Brenner empfehlen sich für Straßenbeleuchtung, da sie bei veränderlichem Gasdruck nur geringen Schwankungen im Gaskonsum und in der



Flammenhöhe unterworfen sind. Wegen der in reichlichem Maße stattfindenden Berührung der Flamme mit atmosphärischer Luft ist dieser Brenner geeignet für ein Leuchtgas, welches viel Kohlenstoff ausscheidet.

3) Der Schnittbrenner, Schmetterlingsbrenner (Figur 13 A und B) ist mit einem Spalt oder Einschnitt im Kopf versehen und giebt eine breite, der Luft viel Fläche bietende Flamme von guter Leuchtkraft in Form eines Fledermausflügels (daher der Name Fledermausbrenner). Von sehr guter Wirkung sind die sogenannten „Hohlkopfbrenner" (Fig. 13 B), bei denen sich das Brennerrohr am Kopfende erweitert, und die durch eine gleichmäßig starke, aber dünne Kugelschale abgeschlossen sind.

Die Untersuchungen von Audouin und Berard beziehen sich auf 10 Sorten Schnittbrenner von 4,5—9 mm lichter Kopfweite bei 0,1—1,0 mm Schnittweite. Das Maximum der Leuchtkraft des Pariser Gases wurde bei 0,7 mm Schnittweite erreicht, der geringste Konsum bei gleicher Leuchtkraft bei etwa 3 mm Druck gefunden, es gilt also auch für die offenen Flammen die Regel: das Gas mit möglichst geringem Druck ausströmen zu lassen. — Es ist eine Eigentümlichkeit des Schnittbrenners, daß der Konsum die Flammenhöhe kaum verändert.[1])

Anm. Die Schnittbrenner wie die Lochbrenner werden je nach der Weite ihrer Brennermündungen in Brenner Nr. 1, Nr. 2 bis Nr. 10 unterschieden; die engste Nummer wird mit Nr. 1 bezeichnet.

b. Geschlossene Brenner.

Bei den in Glascylindern eingeschlossenen Brennern wird das Gas ringförmig verteilt (wie bei den sogen. Argand-

1) Annales de Chimie et de Physique, 3. Série, No. LXV.

1) H. H. Schilling, Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung, S. 155.

lampen mit hohlem, cylindrischem Docht), man nennt sie daher „Argandbrenner". Das Gas strömt aus der ringförmigen Deckplatte des Brenners, die Löcher liegen aber so dicht aneinander, daß sie eine einzige röhrenartige Öffnung bilden. Figur 14 zeigt den Argandbrenner im Grundriß und Durchschnitt. Die Luft tritt zu in der Richtung der Pfeile, strömt innen durch den Hohlcylinder a und rings um die Flamme durch den Gascylinder c, in dem die Verbrennung stattfindet. Das Gas dagegen strömt aus dem Brennerrohr durch 2 gabelförmige Arme in den ringförmigen Raum des Brenners und sodann durch die gleichmäßig verteilten Löcher im Hohlcylinder a (einer doppelwandigen Porzellan-, Speckstein- oder Messingröhre) aus. Die Anzahl der Öffnungen in dem ringförmigen Deckplättchen beträgt 16, 24, 32 oder 40 und mehr; besonders empfehlenswert ist der 40-Lochbrenner, der bei geringem Druck eine ruhig brennende Flamme von heller Leuchtkraft liefert. Gewöhnlich wird der obere Teil des Brenners aus Speckstein hergestellt und auf dem unteren, aus Metall bestehenden Teile festgekittet; die Schlußplatte mit den Specksteinlöchern rundet man ab. Um den Luftstrom gegen die Flamme hinzulenken, ist der Konus b von Blech angebracht; er verengt sich so weit nach oben, daß zwischen ihm und dem Brenner nur 2—3 mm Luft bleibt. Sugg, Silber u. a. haben den obern Rand des Konus sogar noch 2—3 mm nach innen eingezogen, wobei der Konus selbstverständlich über den Rand des Brenners hinausragt und der Luftstrom fast horizontal gegen den untersten Teil der Flamme gelenkt wird. Am untersten Teile des Konus sind eine Anzahl Löcher angebracht, durch welche ebenfalls ein Teil des Luftstromes geht, der die Flamme erst oberhalb trifft. Bei dem in Fig. 15 dargestellten Brenner von Sugg bleibt unter dem Cylinder eine Gallerie frei, durch deren Öffnungen Luft einströmt, die dem obern Teile der Flamme zugeführt wird. Die ältere, gabelförmige Anordnung der Gaszuführung (vergl. Fig. 14) ist dabei verlassen.

Fig. 14.

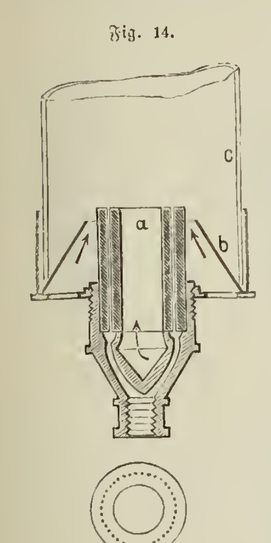
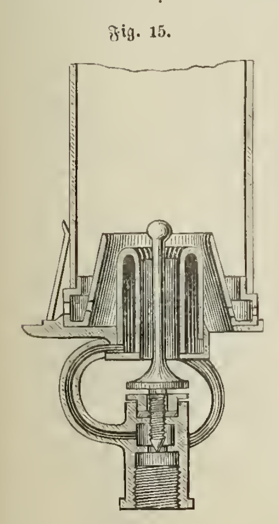


Fig. 15.



Auch den innern Luftzutritt hat man zu regulieren gesucht, indem man einerseits den vollen cylindrischen Kanal in einen ringförmigen verwandelte und andererseits in der Luftzutritts-Öffnung eine Reguliervorrichtung anbrachte, die bei dem neuesten Sugg-Brenner (Fig. 15) in einem Stift besteht, der verschieblich und mit Kopf versehen ist, um auch den innern Luftstrom gegen die Flamme hinzulenken.

Einfluß des Gasdruckes auf die Brennerflamme.

Alle Brennerarten sind den bekannten Schwankungen im Druck des Gases unterworfen, welche teils dem Gasbehälter am Fabrikationsorte — der je nach der Tageszeit verschieden belastet ist — entstammen, anderenteils durch die verschiedene Flammenzahl an derselben Leitung hervorgerufen werden.

Anm. Der Druck des Gases wird mit dem Manometer gemessen und durch die Höhe einer Wassersäule in Millimetern ausgedrückt. Das einfachste Manometer ist eine zweischenklige Glasröhre, deren oberes Ende mit dem Gase in Verbindung steht, während das andere Ende offen und der atmosphärischen Luft zugänglich ist. Das Gas drückt auf das Wasser, mit welchem die Röhre bis zu einer gewissen Höhe gefüllt ist, und drückt dasselbe um ein gewisses Maß herunter, und andererseits um dasselbe Maß hinauf. Die Niveaudifferenz in Millimetern wird an einer Skala abgelesen und gilt als Maß für den Druck.

Bei Gas aus gewöhnlichen Steinkohlen soll der Druck vor dem Gasmesser etwa höchstens 16 mm betragen. Hiervon gehen verloren 3—4 mm für die Bewegung im Gasmesser, ebensoviel in den Leitungen: demnach bleiben noch 8—10 mm Druck an den Brennern, was vollkommen ausreicht, um offenen wie Argandbrennern eine volle Entwickelung der Leuchtkraft zu gestatten.

Zu starker Druck erzeugt das sogenannte Kochen, Zischen, Singen der Flammen, und am merkbarsten äußert sich der Wechsel im Gasdruck auf die Argandbrennerflammen, wie wir aus den Versuchen von Audouin, Berard u. a. ersehen können.

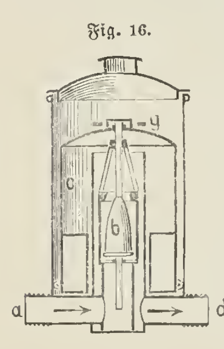
Wie nachstehende Tabelle zeigt, wurde das Maximum der Leuchtkraft = 100 Proz. für 0,7 mm weite Schnittbrenner bei 2,1 mm Gasdruck erreicht, während bei 0,3 mm Brennerweite nur 44 Proz. der Maximallichtstärke sich ergaben.

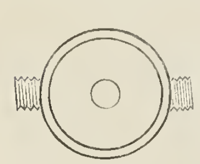
Schnittweite in mm	Druck in mm	Lichtstärke bei 100 Liter Gasverbrauch Normalkerzen	Prozente der Maximal-Lichtstärke
0,1	33,5	1,5	23
0,2	22,5	2,3	35
0,3	15,5	2,9	44
0,4	6,0	5,0	74
0,5	3,5	6,2	94
0,6	2,8	6,3	96
0,7	2,1	6,6	100
0,8	1,6	6,4	97
0,9	1,1	6,3	96
1,0	1,0	6,4	97

Beobachtet man den thatsächlichen Gasdruck, so übersteigt derselbe in den Gasleitungen in der Regel 25 mm und schwankt bis zu 45 mm aufwärts. Um daher den durch die Brennergattungen bedingten Druck zu erreichen und die unökonomische und unruhige Verbrennung zu verhindern, muß entweder konstant am Gashahn reguliert werden, oder es sind besondere Regulierungsvorrichtungen einzuschalten. — Statt dessen half man sich früher damit, daß man die Schnitte der Brenner möglichst eng machte, und so geschah es, daß bei 0,3—0,4 mm Schnittweite und hohem Druck kaum 50 Proz. der normalen Lichtstärke erreicht und jahraus jahrein kolossale Gasmassen verschwendet wurden!

Um diesen großen Übelstand zu beseitigen, muß das Gas vor der Brennermündung auf einen **gleichmäßigen niederen Druck** gebracht werden, wofür in neuerer Zeit verschiedene Apparate konstruiert worden sind, die man Druckregulatoren oder Druckregeler nennt. Dieselben werden entweder dicht hinter der Gasuhr an der Leitung angebracht, und ihre Wirksamkeit erstreckt sich auf eine ganze Anzahl der zu speisenden Flammen, oder sie befinden sich direkt unter jedem Brenner. Die erstere Art der Regulatoren ist in ihrer Wirkung sicher, leicht anzubringen und zu handhaben und im Prinzip den von dem genialen Clegg eingeführten Gasanstalts- oder Distriktsregulatoren nachgebildet. Mit ihrer Anfertigung beschäftigen sich in Deutschland: S. Elster und J. Pintsch (beide in Berlin), Riedinger in Augsburg, Faas in Frankfurt a. M.

Fig. 16.



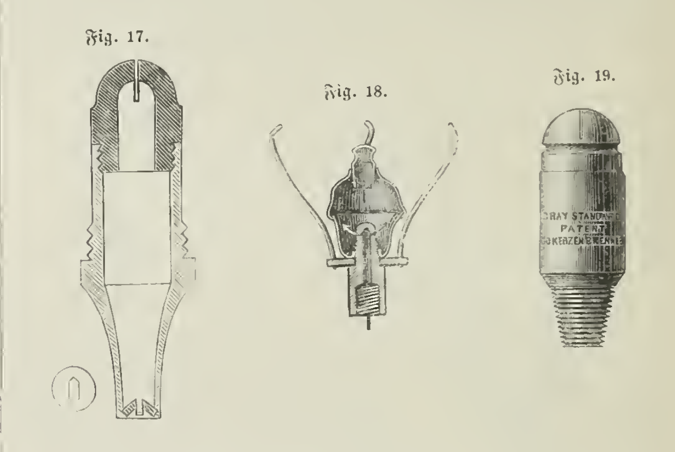


a) Ein gewöhnlicher Druckregeler ist in Fig. 16 dargestellt. Er besteht aus einer Gasbehälterglocke c, welche in einen Cylinder eingeschlossen ist und sich in Leitrollen heben oder senken kann, und aus einem am Oberteil der Glocke angebrachten Konus b. Das Gas strömt ein durch das Zuleitungsrohr a, gelangt durch eine Öffnung, welche der Konus beim Aufsteigen verengt, in die Glocke c. Diese letztere wird aber gehoben, sobald der Gasdruck höher ist als das Gewicht der Glocke nebst Belastung g, und infolgedessen wird die Zuströmungsöffnung von dem mitgehobenen Kegel so lange verengt, bis der normierte Druck unter der Glocke hergestellt ist und das Gas durch das Rohr d nur mit dem verlangten Druck zu den Brennern strömt.

Anm. Solche Regulatoren sind bei den Straßenlaternen in Frankfurt a. O. von der Kontinental-Gasgesellschaft zu Dessau in Anwendung gebracht.

b) Die Regelung an den einzelnen Brennern bestand ursprünglich in der Einschaltung plötzlicher Verengungen und Erweiterungen des Röhrenquerschnittes kurz vor der Brennermündung, wobei diese selbst verändert, gewöhnlich aber erweitert wird. Die Wirkung äußert sich dadurch, daß zwischen der unteren Verengung und der oberen Erweiterung der Brennermündung das Gas sich ausdehnt, also mit geringerer Spannung aus der Mündung tritt.

Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.



Hierher gehört Brönner's Patentbrenner Fig. 17 (in Naturgröße). Die Verengung ist unterhalb durch eine Specksteinscheibe mit kleiner viereckiger Öffnung gebildet. Der oberhalb angeschraubte Schnittbrenner besteht aus gehärtetem Speckstein.

Es mag hier auch erwähnt werden der Globe- oder Kaiserbrenner Fig. 18, bei welchem die Gasausmündung durch seitliche Öffnungen im Brennerkopf erfolgt. In dem stark erweiterten Hohlkopf dehnt sich das Gas erheblich aus und entweicht durch den eingeschraubten Speckstein-Schnittbrenner mit schwachem Druck.

Fig. 20.

Zu den offenen Brennern gehört endlich auch Bray's Patentbrenner (Standart-Brenner) Fig. 19.

Verbesserungen an den Argandbrennern, soweit solche die angemessene Regulierung des Luftzutritts bezwecken, haben wir schon in Fig. 15 kennen gelernt. „Sugg's London-Argand-Brenner Nr. 1" dient in London als Normalbrenner zur Prüfung des gewöhnlichen Gases und ist in Fig. 20 in halber Größe dargestellt. Diesem, wie den neueren verbesserten Sugg-Brennern, liegt das

Prinzip zu Grunde, die Ausströmungs-Geschwindigkeit des Gases auf ein Minimum zu reduzieren. Bereits in dem patentierten Brenner Fig. 15 ist die gabelförmige Zuführung des Gases verlassen; statt der beiden weiten Zweigröhren sind nämlich drei enge Röhrchen angewendet von bedeutend geringerem Querschnitt als der Gesamtquerschnitt der 24 Ausströmungsöffnungen gewöhnlicher Argandbrenner. Letzterer beträgt 25 qmm für die Ausströmung gegen 10 qmm für die Zuführung.

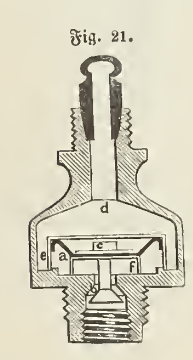
Durch diese Regelung des Gaszuflusses wird der Druck des Gases nahezu auf Null gebracht, und das Gas strömt fast ohne Druck (nur durch sein geringeres Gewicht) aus. Durch die gleichzeitige Regelung des Luftzutritts bei entsprechend weiten Ausströmungsöffnungen ist aber auch die Lichtentwickelung bedeutend gesteigert, wie aus späteren Resultaten ersehen werden kann.

Gaskonsum-Regulatoren.

Vielfach werden die Argandbrenner mit besonderen Regulatoren versehen, wodurch jedes Stellen an den Hähnen unnötig wird. Sie erhalten ihren Platz dicht unter dem Brenner. Der innere Raum derselben wird durch eine bewegliche Zwischenwand in zwei Abteilungen zerlegt und der Raum über der Zwischenwand steht entweder mit der atmosphärischen Luft in Verbindung und das Gas wird aus der unteren Abteilung dem Brenner zugeführt, oder es tritt das Gas über die bewegliche Wand und gelangt so zum Brenner. Nach der Natur der Zwischenwand unterscheidet man Membranregulatoren, Glockenregulatoren und Regulatoren mit beweglicher Metallscheibe.

Die ersten zweckmäßigen Regulatoren für Straßenlaternen wurden anfangs der sechziger Jahre von W. Sugg in London eingeführt. Fig. 21 stellt einen Membranenregulator mit seinem metallenen Gehäuse vor. Die dunkle Linie a repräsentiert die, an einer Metallhülse e angebrachte Membran a; mit ihr ist ein Konus b und ein Blechuntersatz f verbunden. Bei eintretendem Gasstrom wird sich daher die Membran heben und durch den Konus b die Einströmungsöffnung verengen. Das Gas gelangt durch eine kleine Öffnung in e nach dem Raume d. Der resultierende Druck hängt von der Öffnung in c und dem Gewicht des Ventiles ab, welches an der Membran hängt; es ist für 4 mm Druck gerichtet, kann aber nach Bedürfnis eingestellt werden. — Ist das Gewicht reguliert, dann strömt das Gas stets unter gleichem Druck zum Brenner, und der Gaskonsum bleibt für denselben Brenner konstant.

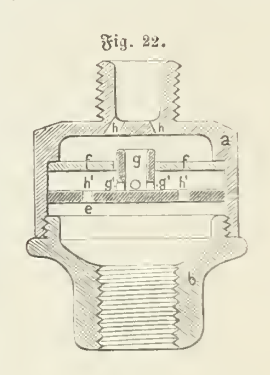
Fig. 21.



Der Rheometer von Giroud[1]) in Paris ist ein Glockenregulator. Hier ist nicht der Ausgangsdruck konstant, sondern das Gasquantum, welches durch die Öffnung der Glocken strömt. Dieser Apparat empfiehlt sich also für Laternen im Freien, die ohne Gasuhr brennen.

Als Beispiel der Regulatoren mit beweglicher Metallscheibe geben wir unter Fig. 22 M. Flürscheim's[2]) Gaskonsum-Regulator für festen Konsum. (Deutsches Reichs-Patent Nr. 3092.) Der Regulator besteht aus einem Cylinder a, mit eingeschraubtem Boden b, in welchem die ziemlich dicht eingepaßte Metallscheibe (oder Schwimmer) e sich frei auf und ab bewegen kann. Auf der Scheibe ist ein kleiner Rohrabschnitt g befestigt, welcher in der Öffnung einer zweiten, im Cylinder liegenden Scheibe f Führung hat. Beim Steigen des Druckes wird e vom Gas gehoben und dadurch der obere Rand von g dem Deckel des Cylinders genähert. Da das Gas durch zwei, für festen Konsum berechnete, Löcher h', h' in das Innere zwischen e und f, sodann nach dem Rohrabschnitt und von hier über den Rand von g nach dem Deckel des Cylinders a durch zwei seitlich zum Brenner führende Öffnungen h, h gelangt, so verringert sich das durchpassierende Gasquantum offenbar in dem Sinne, wie die Kante von g sich dem Cylinderdeckel nähert, also bei zunehmendem Druck, und vermehrt sich, wenn g bei abnehmendem Druck sich vom Cylinderdeckel entfernt. Dadurch bleibt sich also das dem Brenner entströmende Quantum gleich, einerlei ob der Druck steigt oder fällt.

Fig. 22.



Ein zweiter Patentregulator von Flürscheim ist für verstellbaren Konsum eingerichtet und eignet sich daher besonders für Straßenlaternen. Vergl. Patentschrift Nr. 3092.

Die Leuchtkraft des Gases.

Dieselbe ist bedingt durch seinen Gehalt an lichtgebenden Bestandteilen. Zur Bestimmung der Leuchtkraft hat man verschiedene Methoden in Vorschlag gebracht und da-

1) Abbildung bei N. H. Schilling, Handbuch u. s. w., Fig. 333.

2) Eisenwerk Gaggenau (Baden). Vertreter für Deutschland sind Schäffer & Hauscher, Berlin.

nach verschiedene Photometer konstruiert, von denen das Bunsen'sche am meisten in Gebrauch ist.

Anm. Bei dem Photometer von Bunsen wird die Leuchtkraft einer Gasflamme von bekanntem stündlichen Konsum mit einer bestimmten Lichteinheit (Öllampe von bestimmtem Ölverbrauch oder Kerzenflamme) in der Art verglichen, daß zwischen beiden ein Papierschirm auf einer graduierten Meßlatte aufgestellt wird, der in der Mitte einen mit Öl getränkten kreisrunden Fleck hat. Hat man den Schirm in solche Lage gebracht, daß beide Flächen desselben gleich beleuchtet erscheinen — also der Fleck verschwindet —, so werden sich die Intensitäten des Lichtes der beiden Lichtquellen verhalten wie die Quadrate der Entfernungen der Papierfläche von den Lichtquellen. Die Einrichtung ist so getroffen, daß bei den Teilstrichen der Latte die Lichtstärke der beiden ungleichen Flammen direkt abgelesen werden kann. Die als Lichteinheit benutzte Flamme nennt man Normalflamme.

Nach den Normen des Vereins der Gasfachmänner Deutschlands soll als Normalkerze die reine Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser gelten, von denen 6 Stück genau 500 g wiegen; die Flamme soll bei ungeputztem Docht 50 mm Höhe haben. Als Normalgasflamme gilt die Argandflamme mit 150 l stündlichem Gaskonsum.

Anm. Bei längeren Versuchsreihen soll ein nach der Photometerkerze eingestellter Einlochbrenner als Einheit benutzt werden.

In Frankreich dient als Normalflamme statt der Kerzenflamme die Flamme einer Carcellampe mit 42 g stündlichem Ölverbrauch. Es soll das Pariser Gas bei einem stündlichen Konsum von 105 Liter in einem Argand-Bengel-Brenner so viel Licht entwickeln, wie die vorgenannte Carcellampe.

Die Lichteinheit in England ist die Normalspermacetikerze, welche 120 grains (7,78 gr.) Spermacet pro Stunde verbrennt. Normalbrenner ist Sugg's London-Argand Nr. 1.

Eine Carcellampenflamme ist (nach Schilling) so hell als 9,6 Spermacetkerzenflammen oder 9,8 Vereinskerzenflammen.

Über die Leuchtkraft verschiedener Schnittbrenner wurden auf Seite 249 tabellarische Angaben nach Audouin und Berard gemacht, wobei die der Tabelle ursprünglich zu Grunde liegende Lichtstärke von 100 Normalflammen = 0,63 Carcellampen auf Normalkerzen reduziert ist. Dr. Schilling hat eine große Reihe von Versuchen mit Argandbrennern angestellt, wovon wir die wichtigsten hervorheben (siehe folgende Tabelle).

Versuche mit Argandbrennern (nach Schilling).

Bezeichnung des Versuchs-Brenners	Konsum desselben Liter	Leuchtkraft in Normalflammen	Leuchtkraft pro 100 L. in Normalflammen
1. Pariser Normalbrenner.	110	10,3	9,36
2. Londoner Normalbrenner, Sugg's London Argand (Fig. 290) . .	130	13,3	10,23
3. Verbesserter London Argand (kl.) .	116	14,3	12,33
4. Sugg-Friedleben-Argandbrenner . .	120	11,5	9,59
5. Silber's Argandbrenner Nr. 1 .	138	13,0	11,02
6. Schwarz, Speckstein-Argandbrenner	137	13,0	9,50

Der Brenner Nr. 1 steht im Konsum etwa gleich dem Brenner 3, aber der letztere entwickelt bei gleichem Gaskonsum etwa 30 Proz. mehr Licht als der Pariser, jener hat nur 12 qmm, dieser 17 qmm Gesamtquerschnitt; diesem großen Querschnitt entspricht ein geringerer Druck, also vorteilhaftere Lichtentwickelung!

Neuere Argandbrenner.

Die auf Erhöhung der Leuchtkraft des Gases gerichteten Bemühungen der Gasfachmänner kommen ferner zum Ausdruck in den neuesten Verbesserungen der Argandbrenner. Neben der schon von Sugg eingeführten Zuleitung des Gases durch enge Zweigröhren finden wir durchweg unterhalb des Brenners eine besondere Vorrichtung zum Regeln des Gasdruckes (in Fig. 23 bei a), der Brenner ist weit und mit einer großen Zahl von Öffnungen versehen und in der Mitte der ringförmigen Speckstein- oder Messingröhren sitzt die Brennerscheibe c. Der in Fig. 23 dargestellte Argandbrenner ist bekannt als 25 Kerzen-Intensiv-Brenner mit Regelung.

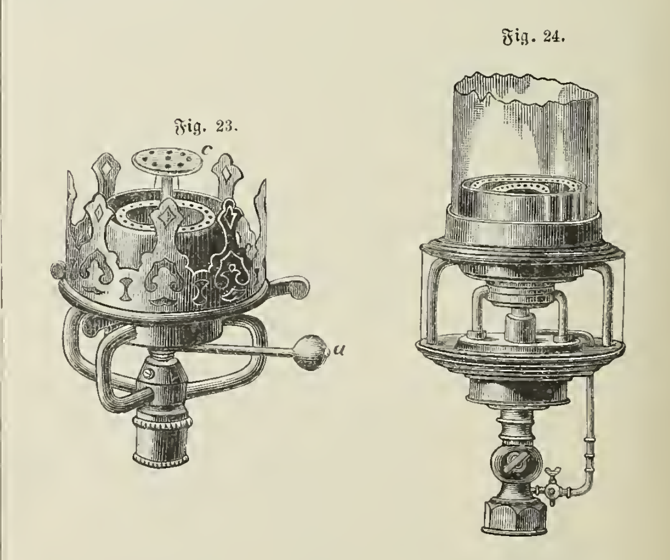
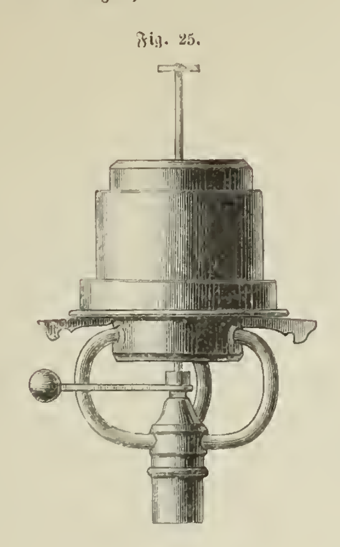


Fig. 23. Fig. 24.

Fig. 24 stellt den Germania 2 Ring-Brenner mit Hahn und abstellbarer Zündflamme dar. Dieser Brenner entwickelt eine Leuchtkraft von 60 Kerzen Stärke. Das Gas tritt hier durch eine äußere doppelwandige Messingröhre aus, in welcher konzentrisch mit hinreichendem Zwischenraum der innere doppelwandige Argandbrenner sitzt. Der Gasstrom wird jedem der beiden Brenner durch zwei schwache Rohre zugeführt; die zur Verbrennung erforderliche Luft tritt von unten her in den Zwischenraum der konzentrischen Röhren und bestreicht aufsteigend die Außenflamme sowohl wie die Innenflamme bei hoher Temperatur, was gesteigerte Leuchtkraft der Verbrennungsgase hervorruft.

Fig. 25 stellt den Präzisions-Brenner von Friedrich Siemens mit Regelung und Brennscheibe dar (Lichtstärke 32 Kerzen).

Fig. 25.



Gas-Regenerativ-Lampen.

Geschichtliches. Im Jahre 1882 erschien in Berlin in einigen Exemplaren die Wenham-Lampe als erste Regenerativ-Lampe, ohne jedoch Beachtung zu finden. Erst als die Wenham-Compagnie in London eine eigene Filiale in der deutschen Kaiserstadt gründete, entstand eine erhebliche Nachfrage nach Regenerativ-Lampen. Zwar bestand schon damals auch das Siemens'sche System: indessen gebührt der Wenham-Compagnie der Ruhm, den Regenerativ-Gaslampen die Wege und den Markt geöffnet zu haben.

Die Regenerativ-Lampen zerfallen in zwei Klassen:

a) Außenbrenner, bei denen die Flamme von der Mitte nach dem äußeren Rande brennt, und

b) Innenbrandlampen, bei denen die Flamme von außen her nach der Mitte hereingezogen wird.

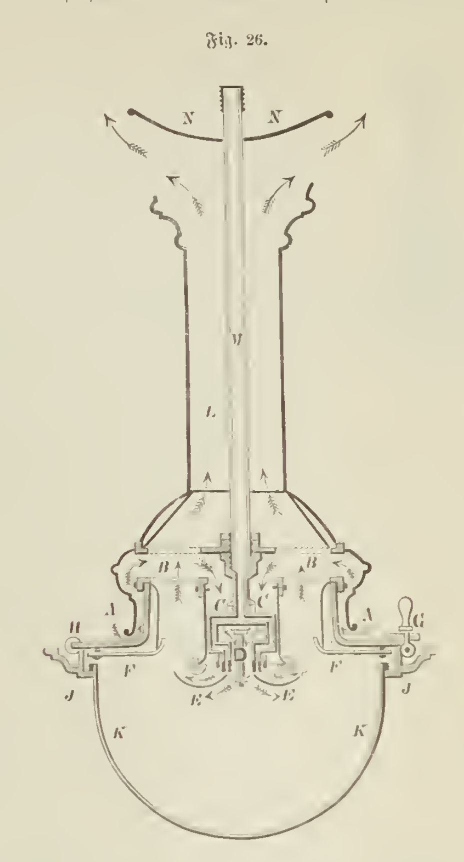
Zu den Außenbrennern gehören u. a. die Wenham-Lampe, die Außenbrandlampe von Friedr. Siemens & Co. und die Delhaise-Lampe.

Von Innenbrandlampen nennen wir die Lampen von Siemens & Co., Butzke, Seegrün, Röhr & Co., Berger's Helios-Lampe und die Sylvia-Lampe, endlich die Regina-Lampe von Schülke, Brandholt & Co.

I. Die Wenham-Lampe.

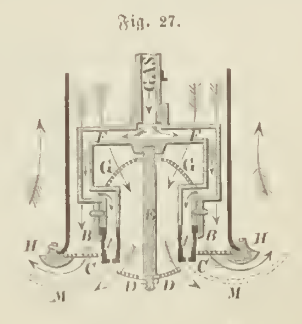
Das Wesen der Regenerativ-Lampen beruht auf der Zuführung nicht kalter, sondern auf dem Wege zur Flamme stark erhitzter (frischer) Luft. Dieselbe tritt in Fig. 26 bei A, A unter dem gebogenen Metallmantel in den Zwischenraum B, B, durchströmt die entsprechenden Fächer des Vorwärmers, gelangt nach C, C, um den im Durchschnitt unterhalb C sichtbaren Brenner-Körper und demnach den

Fig. 26.



in der Richtung der Pfeile austretenden schüsselähnlichen Strom der Verbrennungsgase von außen und innen zu umhüllen. Die Verbrennungsluft steigt dagegen von E, E aufwärts, durchdringt die korrespondierenden Fächer und gelangt, nachdem sie ihre Hitze an den Vorwärmer abgegeben hat, in den Schornstein L und aus diesem (durch den Blaker

Fig. 27.

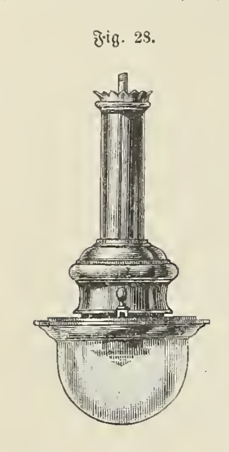


N, N abgelenkt) in den Beleuchtungsraum, wo sie sich der übrigen Luft beimischt. Eine besondere Abführung der Verbrennungsgase ist selten erforderlich, läßt sich aber mit den Doppelregenerativ-Brennern in einfachster Weise verbinden.

Fig. 27 zeigt die Anordnung des Brenners der Wenham-Lampe im größeren Maßstabe. Hierbei bezeichnet

der Buchstabe A den Specksteinbrenner, B den Brennerhalter, C den siebförmigen Boden, D ein an den Messingstift E angeschraubtes durchlochtes Plättchen; F den Brennerkörper; G die siebförmige Kuppel; H ist ein Eisenring mit Bajonettverschluß, K die kugelförmige Glasglocke, ohne welche die Lampe nicht brennen kann.

Fig. 28.



Vorzug der Wenham-Lampe. Der Gashahn erfordert keine peinliche Nachregelung. Beim Anzünden wird nämlich der Haupthahn voll geöffnet und bleibt in dieser Stellung stehen, so lange die Beleuchtung dauert. Schließt man den Haupthahn, so entzündet sich eine kleine Zündflamme, besondere Wartung ist also nicht nötig. Weitere Vorteile sind: größere Helligkeit und bedeutende Gasersparnis, vollständig weißes Licht und vierfache Leuchtkraft im Verhältnis zu gewöhnlichen Brennern.

Gasverbrauch und Leuchtkraft der Doppel-Regenerativ-Brenner.

Brenner Nr.	Gasverbrauch stündlich in Litern	Pfg.	Lichtstärke des Brenners Normal-Kerzen	Lichtstärke in Normal-Kerzen auf 100 Ltr.	Ersetzt gew. Gasflammen	Genügt für eine Bodenfläche v. m i. Quadrat
1	200	3	50	25	3	4
2	300	5	80	27	5	6
3	400	7	120	30	8	7
4	600	10	180	30	12	9
5	1000	16	300	30	20	15

Fig. 28 giebt die einfache Form der Wenham-Lampe für Räume, welche nur eine allgemeine Rundbeleuchtung erfordern. Für Comptoire, Lesezimmer u. dergl. tritt ein Opalglas-Strahlschirm hinzu.

II. Siemens' Regenerativ-Lampe.

Brennergröße	Gasverbrauch Liter	Leuchtkraft in englischen Normalkerzen nach horizontaler Richtung	vertikaler Richtung
J.-Nr. 3	320	56 N.-K.	77 N.-K.
„ „ 4	465	102 „ „	151 „ „
„ „ 7	760	166 „ „	248 „ „

Der Minimal-Abstand der Flamme von der geputzten Rohrdecke muß 65 cm betragen; das Gasrohr, an welches der Anschluß erfolgt, soll 10 mm im Lichten weit sein. Die Zündung derselben wird durch eine dauernd brennende innere Zündflamme bewirkt, wobei der Brenner ohne Öffnung des Glockenverschlusses entzündet werden kann. Im andern Falle hängt man die Lampe so, daß der Verschlußwirbel $2^1/_4$ bis $2^1/_2$ m über Fußboden, d. h. von einem Stuhle erreichbar liegt.

III. Die Butzke-Lampe (Gasbogenlicht-Lampe).

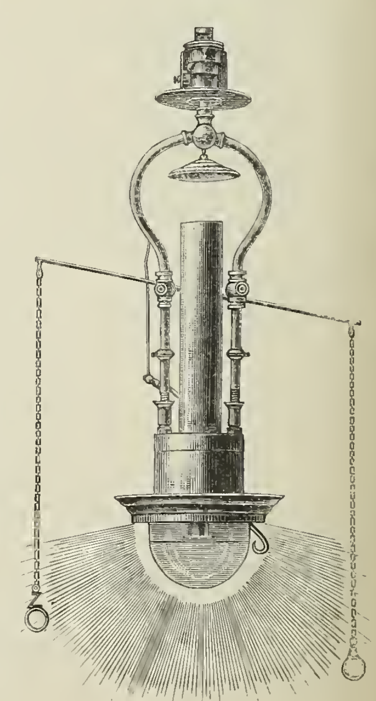
Die Lampen führen die Nummern 6, 7, 9, 10.

Es beleuchtet die Gasbogenlicht-Lampe:

Nr. 6 25— 35 qm Grundfläche und hängt 2,5 m über Fußboden,
„ 7 35— 80 „ Grundfläche und hängt 2,5—3 m über Fußboden,
„ 9 80—140 „ Grundfläche und hängt 3—3,5 m über Fußboden,
„ 11 140—225 „ Grundfläche und hängt 3,5—5,5 m über Fußboden.

Quadratische, hohe Räume beleuchtet man vorteilhaft mit einer großen Lampe, langgestreckte Räume mit mehreren kleinen Lampen.

Fig. 29.



Für die Nummern 6, 7, 9 ist der Gas-Einlaß 10 mm i. L. Um die Druckschwankungen auszugleichen, ist jede Lampe mit einem Druckregeler zu versehen, und die Anbringung findet in der Art statt, daß in die Deckenscheibe die Kugelbewegung, in diese der Regeler, unter diesen die übliche Rosette, darunter ein langer Stutzen und an den letzteren die Lampe geschraubt wird.

Die Butzke-Lampe (Fig. 29) hat zwei Hähne, den großen Haupthahn mit langem Hebel, von dessen beiden Enden Ketten herabhängen, an welchen je ein Ring mit den Buchstaben A resp. Z befestigt ist, und ein Zündflammenhahn mit kurzem, am Ende umgebogenem Hebel. Der Haupthahn ist geschlossen, wenn der Ring mit Z möglichst weit herabgezogen ist; der Zündhahn ist bei wagrechter Stellung geschlossen. Um die Lampe zu entzünden, öffnet man

erst den Zündflammenhahn und steckt die Zündflamme an. Brennt diese, so öffnet man durch Ziehen an der Kette mit dem Ringe A den Haupthahn, wodurch sich die Leuchtflamme entzündet, die man mit halber Flamme 2—3 Minuten brennen läßt.

Ähnlich in äußerer Form, Regelung und Behandlung ist die Helios-Lampe von Berger.

IV. Regenerativ-Glanzlicht-Lampe „Regina". System Schülke, Brandholt & Co.

Fig. 30a stellt den Vertikalschnitt der Regina-Lampe dar. Es bezeichnet a den Regenerator (Fig. 30b denselben im Horizontalschnitt); b die Asbestumhüllung; c den Porzellanreflektor; d den Verteiler für die Verbrennungsgase; e den Schornstein; f den äußeren Metallmantel; g die Glasglocke; h die Verschraubung mit Brennergewinde; i die Regulierschraube.

Ist die Flamme angezündet, was direkt durch den Schornstein oder durch Abheben des Vorwärmers geschieht, so steigen die Verbrennungsgase, wie die Pfeile andeuten, in die Falten des Vorwärmers a, in welchem sie ihre Hitze abgeben und durch diesen und den Schornstein ins Freie gelangen. Die Luft dagegen tritt kalt durch die Löcher x, x des Metallmantels ein, steigt aufwärts über den Bord der Asbestbekleidung b und dann — dem Auftrieb der Verbrennungsgase nachstrebend — in die Glasglocke zur Flamme.

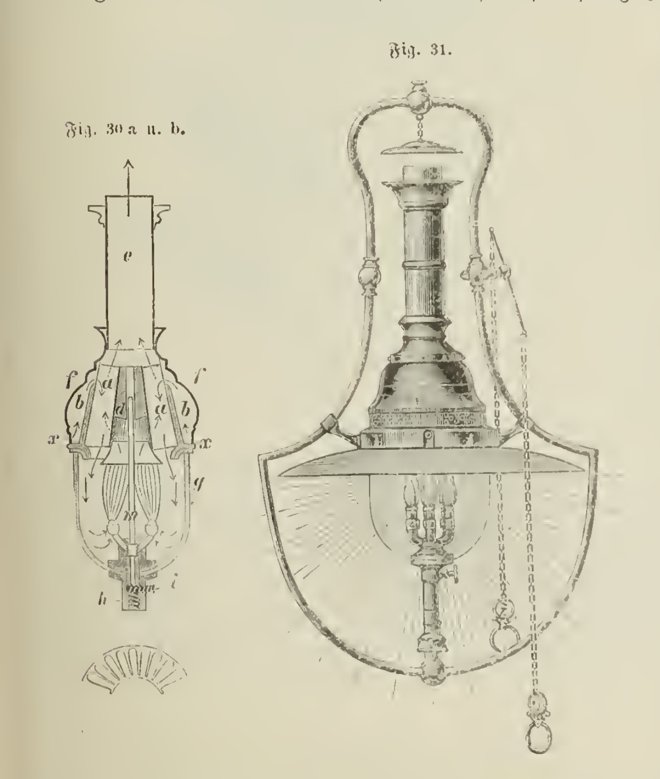


Fig. 30 a u. b.

Fig. 31.

Auf ihrem Wege zur Flamme bestreicht sie die glühenden Fächer des Faltenrohres a und nimmt so eine Temperatur an, welche der des glühenden Metalls nahe kommt. Der Wärme-Austausch findet sehr schnell statt, da die Berührungsfläche relativ groß ist.

Fig. 31 stellt die äußere Ansicht der Regina-Lampe, Modell XV vor. Die Lampenlyra ist für Nr. 4 der Tabelle 76 cm hoch, 46 cm breit.

Die nachstehende Tabelle giebt die Größennummern, den Gasverbrauch und die Lichtstärke der Regina-Lampen an.

Größen-Nummer der Regina-Lampe	Gasverbrauch pro Stunde in Litern	Gasverbrauch pro Stunde in Pfg.	Lichtstärke in Kerzen	Beleuchtet e. Quadrat, dessen Seite ist:	Höhe der Flamme über dem Fußboden
1	120	1,9	30	2—2,5 m	1,8—2,8 m (Nr. 1–3)
2	160	2,5	40	3—3,5 „	
3	210	3,3	65	4—5 „	
4	375	6	110	6—8 „	2,5—3,5 „
5	550	8,8	160	8—10 „	3,2—4,0 „
6	750	12	230	10—11 „	4,0—4,5 „
7	1000	17,6	355	12—15 „	4,5—6,0 „
Ein gewöhnlicher Argandbrenner	200	3,2	20		
Ein Schnittbrenner	150	2,4	10		

Die Lichtstärke der Regina-Lampe ist daher doppelt so groß als der gewöhnliche Argandbrenner und viermal so groß als die der Schnittbrenner. Als besonderer Vorteil ist hervorzuheben, daß die Lampe von Schülke an Stelle jedes gewöhnlichen Brenners auf Gaskronen, Wandarme u. s. w. aufgeschraubt werden kann.

Bei Bruch der Glocke brennt die Lampe wie jeder gewöhnliche Brenner weiter, was ihr einen großen Vorzug vor den gewöhnlichen Regenerativlampen giebt.

§ 4.

Die Beleuchtungskosten. Um die Gasbeleuchtung mit anderen Beleuchtungsarten zu vergleichen, muß man wissen, wieviel von den verschiedenen Beleuchtungsmaterialien man braucht, um eine bestimmte Helligkeit zu erzeugen. Zu diesem Zweck mag umstehende Tabelle dienen.

Um die Beleuchtungskosten zu erhalten, multipliziere man den Konsum mit dem Einheitspreise und der erforderlichen Lichtstärke und dividiere das Produkt durch den Normal-Leuchtwert.

Beispiel. Was kostet die Beleuchtung eines Saales auf 300 Normalkerzen-Leuchtkraft, und zwar:

a) mit amerikanischem Erdöl?
b) mit Steinkohlengas und gewöhnlichen Argandbrennern?
c) mit Regenerativ-Brennern System Schülke?

Leuchtkraft verschiedener Leuchtstoffe (nach Marx).

Leuchtstoff	Stündlicher Verbrauch Gramm	Stündlicher Verbrauch Liter	Lichtstärke Normal-Kerzen
Normalwachskerze	7,75	—	1,0
Stearinkerze (10 = kg) . . .	9,95	—	1,0
Paraffinkerze	7,20	—	1,1
Amerikanisches Erdöl	15,10	—	3,2
Schieferöl	14,50	—	3,0
Photogen	14,30	—	3,0
Rüböl	19,90	—	2,8
Steinkohlengas	—	127,35	10,0
Petroleumgas	—	28	11,3
Bogheadgas	—	28	9,8

Der Engros-Preis pro Kilogramm Erdöl sei 32 Pfg., es kostet daher die Saalbeleuchtung:

$$\frac{15{,}1 \times 0{,}032 \times 300}{3{,}2} = 45{,}3 \text{ Pfg. pro Stunde.}$$

Ein Argandbrenner, welcher bei 152 l stündlichem Konsum zwölf Normalkerzen Leuchtkraft hat, erfordert dagegen an Beleuchtungskosten bei einem Preise von 16 Pfg. pro cbm Gas:

$$\frac{152 \times 0{,}016 \times 300}{12} = 60{,}8 \text{ Pfg. pro Stunde.}$$

Werden dagegen zwei Regenerativ-Brenner System Schülke mit je 550, also zusammen 1100 l stündlichem Gaskonsum verwendet, so erreicht man ebenfalls eine Lichtstärke von 2 × 160 Kerzen (rot. 300 Kerzen) und die Beleuchtungskosten betragen nur 17,6 Pfg. pro Stunde. Es ist somit die Gasbeleuchtung mit Regenerativ-Brennern erheblich billiger als die Petroleum-Beleuchtung.

Ermittelung der Flammenzahl.

Die Anzahl der zur Beleuchtung geschlossener Räume erforderlichen Flammen läßt sich mit Hilfe folgender Tabelle bestimmen.

Dimensionen des Raumes in Metern: lang	breit	hoch	Anzahl der Flammen	Höhe der Flamme über dem Fußboden in Metern
4,7	4,7	3,8	2— 3	2,0—2,2
5,6	5,6	4,4	5— 6	2,2—2,4
7,5	7,5	5,3	9— 12	2,5—2,8
10,0	10,0	6,9	16— 20[1]	2,8—3,1
12,5	12,5	9,4	25— 30	3,3—3,8
15,7	15,7	12,5	40— 45	4,0—4,4
18,8	18,8	14,0	60 - 70	4,7—5,3
22,0	22,0	15,7	100—120	5,6—6,3

Ist ein Raum höher als 10 m, so hängt man die untere Spitze des Kronleuchters auf $^1/_3$ der Höhe des Raumes vom Fußboden auf. Weicht der Grundriß vom Quadrat so weit ab, daß die Länge zur Breite das Verhältnis von 3 : 2 übersteigt, so ist die Grundfläche in Quadrate zu zerlegen und jedes Quadrat für sich zu beleuchten, und zwar sind um so mehr quadratische Felder anzulegen, je niedriger der Raum ist.

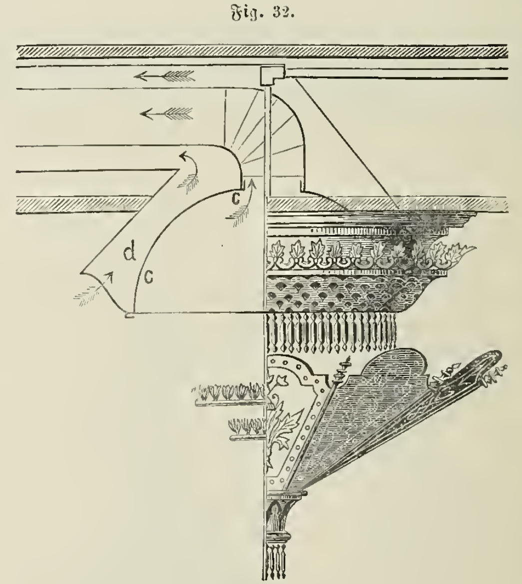
1) Statt der 20 Argandbrenner mit 48 Pfg. stündlichem Gasverbrauch genügen zwei Regenerativbrenner mit 12 Pfg. stündlichen Erleuchtungskosten u. s. w.

Die Sonnenbrenner.

Zu besonders heller, allgemeiner Beleuchtung öffentlicher Lokale bedient man sich häufig der **Sonnenbrenner.** Jeder Sonnenbrenner besteht aus einer Kombination offener Brenner, die unter einem mit Abzug versehenen Reflektor angebracht und mit einem weiteren Trichter nebst Ventilationsrohr zur Abführung der verdorbenen Zimmerluft umgeben sind.

Die einfachste Konstruktion besteht aus einem kreisförmig gebogenen Gasrohr, aus dessen Peripherie die Flammen in 3,5—5 cm Entfernung voneinander heranstreten.

Fig. 32.



Diese Sonne entwickelt viel Licht, erzeugt aber auch große Hitze und ist bereits auf Seite 199 besprochen. Häufig sind auch zwei Ringe in der Art angebracht, daß der innere Ring 6—8 cm enger und 6 cm tiefer steht als der äußere (Fig. 32).[1])

Der Sonnenbrenner wird 40—80 cm unterhalb der Decke angebracht und mit dem Reflektor c umgeben. Ein

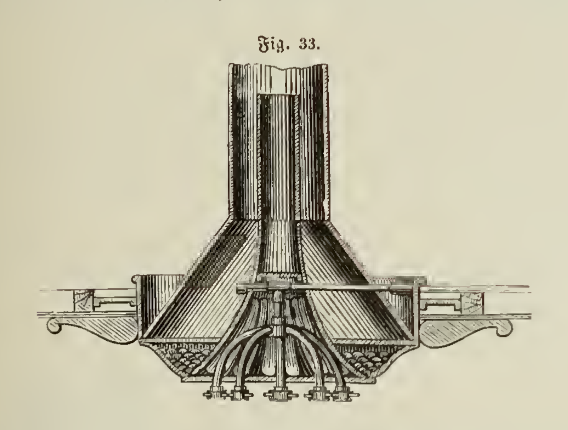
1) Die Sonnenbrenner werden in folgenden Dimensionen angefertigt:

Reflektorweite	1,00 m	0,75 m	0,50 m
Dunstrohrweite . . .	0,50—0,80 m	0,30—0,50 m	0,18—0,30 m
Flammenzahl	50—100 Stück	30—60 Stück	10—40 Stück
Entfernung der Flammen von der Decke .	0,80 m	0,60 m	0,40 m
Preis exkl. Glasschirm	220 Mark	130 Mark	60 Mark

zweiter äußerer, reich dekorierter Blechschirm schließt sich an die Deckenarchitektur an. Im Zwischenraum d zieht die erhitzte Saalluft ab. Vorteilhaft ist es, durch einen unterhalb angebrachten Schirm von mattem Glase die Flammen dem Auge zu entziehen, wodurch die grelle Lichtwirkung gemildert und die Wärmestrahlung der Flammen gemäßigt wird. Der ringförmige Raum zwischen der Kante des Reflektors und derjenigen des äußeren Schirmes wird mit einer durchbrochenen Gallerie ausgefüllt und zur weiteren Dekoration das Ganze mit einem Glasbehang versehen.

Fig. 33 zeigt eine andere Konstruktion des Sonnenbrenners. Eine Anzahl Brenner sind mittels Röhrchen

Fig. 33.



radial in den Mantel eines kurzen cylindrischen Gaskörpers eingeschraubt; letzterer ist unten geschlossen und oben mit dem Zuführungsrohr verbunden. Solcher Brennerkörper sind eine Anzahl kombiniert und in den einzelnen Zuleitungsröhren in ein größeres Mittelstück zusammengeführt, in welches das Hauptzuführungsrohr für den ganzen Brennerkomplex von oben her einmündet. Die Brenner treten nun einige Centimeter unter den Reflektor heraus, denn sie sollen möglichst horizontal brennen. Um es sicher zu erreichen, wird der Zug im Flammenrohr durch eine Drosselklappe beschränkt. Reflektor und Ventilationstrichter bestehen aus emailliertem Eisenblech.

Das Ventilationsrohr wird, wo es angeht, vertikal über Dach geführt und mit einem Deflektor oder einem drehbaren Hut versehen. Zur Isolierung von dem Holzwerk der Decke ist der Ventilationstrichter nochmals mit einem cylindrischen Schutzblech umgeben.[1])

1) Die gangbaren Dimensionen (in Metermaß) sind:

Anzahl der einzelnen Brenner . .	6	9	12	16—21	36—42	63	77	133	150
Durchmesser des Reflektors	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,90
Durchm. des äußeren Schirmes .	0,45	0,50	0,55	0,65	0,70	0,80	0,97	1,18	1,50
Weite des Ventilationsrohres . .	0,12	0,15	0,17	0,20	0,25	0,30	0,35	0,38	0,45

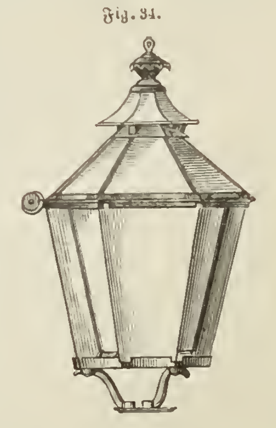
§ 5.

Notizen über Straßenbeleuchtung. Eine gute Straßenbeleuchtung verlangt richtige und zweckmäßige Verteilung der Flammen in den Straßen; eine solche wird erreicht durch Flammen mit 150 l stündlichem Gaskonsum bei Entfernung von 25—30 m von Laterne zu Laterne; in Nebenstraßen kann man sogar bis zu 45 m Entfernung gehen. Die beste Höhe der Flammen über dem Straßenpflaster ist 3,3—3,6 m; zu ihrer Anbringung dienen Kandelaber und Konsole.

Die Straßenkandelaber bestehen aus einer hohlen gußeisernen Säule mit durchbrochenem Fuß (Taf. 53, Fig. 12), haben 2,9 bis 3,3 m Länge über dem Erdboden und ein Gewicht von 150 bis 250 kg. Der Fuß desselben ist 60—100 cm lang und wird gewöhnlich in den Boden eingegraben; zur Vergrößerung der Basis ist derselbe mit Flanschen versehen.[2]) Durch eine seitliche Öffnung im Fuß wird das Gaszuleitungsrohr eingeführt und steigt im Kandelaber senkrecht aufwärts. Der Kopf des Kandelabers muß so eingerichtet sein, daß der Fuß der Laterne darauf bequem und solid befestigt werden kann. Dieser gußeiserne Fuß (Fig. 25) besteht aus einem an der Unterfläche sorgfältig abgedrehten Ringe, von dem aus drei Arme als Träger nach zwei Ecken der Laterne aufsteigen und mit dieser fest vernietet sind. Der Ring wird mittels dreier Schrauben auf den horizontalen Flansch einer gußeisernen Büchse, welche in den Kopf des Kandelabers eingelassen ist, aufgeschraubt. Die mittlere Öffnung im Flansch der Büchse ist groß genug, um das Gaszuleitungsrohr durchzulassen.

Die Laternen bestehen in der Regel aus einem oberen und unteren gußeisernen Rahmen, welche durch zwei schmiedeeiserne Rundstäbe zusammengehalten werden. Fig. 34 stellt eine solche Laterne von sechseckiger Form dar. Sowohl der untere als der obere Rahmen hat einen rechtwinklig umgebogenen Rand; dieser letztere ist an 4 Ecken durchbrochen, damit man die Glasscheiben von außen einschieben kann. Die Scheiben werden so geschnitten, daß sie außen 6 mm vor einander vorstehen; inwendig lehnen sie sich gegen aufgenietete Blechwinkel. Der Boden der Laterne besteht zur Hälfte aus einer festen, eingelegten Scheibe, zur andern aus einer nach unten schlagenden Thür, die sich um zwei Scharniere dreht. Der Bodenrahmen endlich enthält die Ansätze zur Aufnahme der beiden Rundstäbe und ein Loch für das Brenn-

Fig. 34.

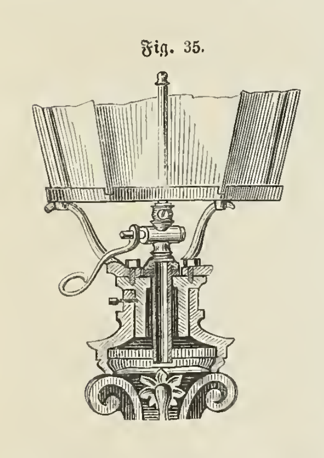


1) Größere Kandelaber werden mit vollständigem Sockel versehen und der Fuß bis zur Höhe des Pflasters eingemauert.

rohr. Der gußeiserne Fuß (mit welchem die Laterne auf die Kapitälplatte des Kandelabers aufgeschraubt wird) ist ebenfalls am unteren Rahmen der Laterne festgenietet. Das Dach der Laterne besteht aus zwei Teilen und der untere Teil aus zwei Rahmen, welche eine Scheibenverglasung zwischen sich aufnehmen. Der untere Rahmen greift über den Laternenrahmen und ist durch ein starkes Scharnier mit ihm verbunden, so daß das ganze Dach sich aufklappen und putzen läßt. — Über das erste Dach faßt ein gußeisernes Helmdach und bildet mit dem oberen Rahmen des Glasdaches ein Stück; zwischen beiden Dachteilen ziehen die Verbrennungsprodukte ab. Den Schluß des Daches bildet ein verzierter Knopf.

Das Brennerrohr ist meist ein Messingrohr von 9,5 bis 12,5 mm Weite, reicht abwärts durch den Boden der Laterne (Fig. 35) und ist dort in den Doppelhahn eingeschraubt, mittels dessen der Gaszufluß teils geregelt, teils abgesperrt werden kann. Unterhalb des Hahnes sitzt eine Verschraubung, mit welcher das Ganze auf das schmiedeeiserne Zuleitungsrohr aufgeschraubt wird. Um den Hahn zu öffnen, dreht der Laternenanzünder mit dem Laternenstock den herabhängenden Schlüssel hinauf, bis er horizontal steht; bei geschlossenem Hahn ist der Schlüssel vertikal abwärts gestellt. Der obere oder Regulierhahn wird ein- für allemal so gestellt, daß bei geöffnetem unteren Stellhahn die Flamme ihre richtige Größe erhält.

Fig. 35.



Als Brenner wendete man für Straßenbeleuchtung früher nur Schnittbrenner und Lochbrenner an und mit Vorliebe Specksteinbrenner. Jeden Brenner stellte man so, daß die Flamme parallel zur Straßenrichtung zu stehen kam. Gegenwärtig wird in Berlin vielfach der Bray-Standardbrenner für 40—80 Kerzenstärke zur Straßenbeleuchtung verwendet; derselbe ist in Fig. 19 in halber Größe dargestellt.

In engen Straßen werden statt der Kandelaber Konsole angewendet, die mittels Schraubenbolzen an dem Gebäude befestigt werden. Die Entfernung der Flamme vom Gebäude beträgt 0,75 bis 1,25 m. Am zweckmäßigsten liegt hierbei das Leitungsrohr oben frei auf der Konsole, und der Ring des Laternenfußes wird in ähnlicher Weise, wie Fig. 35 zeigt, auf der Deckplatte befestigt.

Konzentrische Ringbrenner für Straßenbeleuchtung.

Infolge der Konkurrenz, welche das elektrische Licht der Gasbeleuchtung macht, haben die Gasanstalten der Unvollkommenheit gewöhnlicher Straßenbeleuchtungen ihre Aufmerksamkeit zugewendet. Man verlangt jetzt für stark frequentierte Plätze und Knotenpunkte des Straßenverkehrs in den Hauptstädten Beleuchtungen von großer Lichtstärke. Auch hier war es W. Sugg, der entschiedene Verbesserungen brachte, welche die Phönix-Gascompagnie in London zur Anstellung von Proben mit verbesserten Straßenbeleuchtungen veranlaßten. Es wurden im Winter 1878/79 an den Kreuzungspunkten zwischen Waterloo-Bridge und dem Stationsgebäude der South-Western Railway-Compagnie acht Kandelaber mit William Sugg's neuem konzentrischen Ring-Argand-Brenner von 50—200 Kerzen-Lichtstärke aufgestellt. In Berlin wurde Sugg's schattenfreie Ventilationslaterne im April 1879 an mehreren Plätzen versuchsweise aufgestellt.[1])

Die größeren Laternen von Sugg sind acht- oder zwölfeckig, die kleineren sechseckig, das Dach ist mit Opalglas eingeglast, welches die Lichtstrahlen reflektiert und durchläßt. Der untere Teil ist durchsichtig verglast. Als Brenner wird ein Ringbrenner mit 2—3 konzentrischen Löcherkreisen verwendet, von denen jeder Ring seine besondere Zuführung hat. Um von den Schwankungen des Gasdrucks unabhängig zu sein, bedarf der Sugg-Brenner einen besonderen Regulator. Der Brenner entzündet sich selbst, sobald er aufgedreht wird, an einer kontinuierlich brennenden Spitzflamme, dem sogenannten „flash-jet“.

Fig. 36.

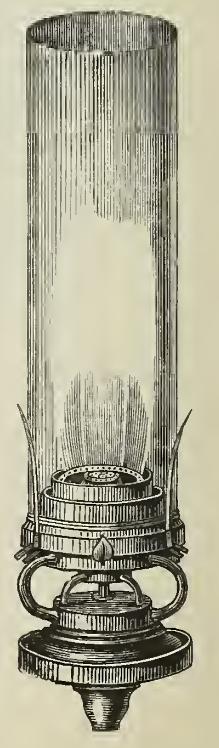


Fig. 36 giebt die Ansicht des doppelten Sugg'schen Ringbrenners. Derselbe ist, wie alle Argandbrenner, mit Cylinder versehen; auf dem oberen Teil der Laterne befindet sich ein Schornstein. Der Gaskonsum betrug im Durchschnitt 630 l pro Stunde; die Lichtstärke 64 bis 65 englische Spermacetikerzen, während die gewöhnliche Berliner Straßenlaterne bei 195 l Konsum pro Stunde eine Leuchtkraft von nur $17^1/_2$ engl. Normalkerzen entwickelt. Die Lichtstärke beträgt sonach etwa das Vierfache gewöhnlicher Straßenbeleuchtung — ein Beweis dafür, was die Gasbeleuchtung leisten kann.

Anm. Leider haben sich in Betreff der Instandhaltung der Sugg-Brenner Schwierigkeiten herausgestellt, welche die allgemeine Einführung derselben zur Straßenbeleuchtung höchst zweifelhaft, wenn nicht unmöglich machen. Die Flamme kommt nämlich leicht ins Rußen und der Cylinder wird schwarz.



1) „Rohrleger“, Jahrg. 1879, Seite 121.

Auch der am Fuß der Laterne angebrachte Regulator ist unzuverlässig. Das Absetzen der Feuchtigkeit des Gases in einem besonderen Kalkgefäß ist nicht gelungen. (Nach Mitteilungen des Direktor Kunow in der Sitzung der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin.)

Brauchbare Straßenlaternen liefern auch Schülke, Brandhold & Co. nach dem System der Regina-Lampe konstruiert mit 230—350 Kerzen Lichtstärke.

§ 6.

Anwendung des Gases zum Heizen und Kochen.

Allgemeine Vorbemerkungen. Wie die Chemie lehrt, beruht die, bei den Verbrennungserscheinungen der Naturkörper stattfindende Lichtentwickelung auf dem Erglühen des feuerbeständigen Kohlenstoffs in der Flamme.[1]) Auch bei der Leuchtgasflamme ist es nicht das Gas an sich, welches die Lichterscheinung hervorbringt, sondern es ist jener Körper, der sich infolge chemischer Zersetzung im Momente vor der Verbrennung in fester Form ausscheidet und — durch die Verbrennungswärme der übrigen Masse zum Weißglühen gebracht — selbst verbrennt resp. als gasförmiges Produkt entweicht. Dieser Körper ist der Kohlenstoff; er nur schmückt den sonst fast gar nicht leuchtenden Gasstrom mit blendendem Lichtglanz, und je vollständiger sich die Flamme der reinen Weißglut nähert, desto größer ist die Leuchtkraft. Die Zeit des Erglühens und Leuchtens ist dabei eine sehr kurze, denn sie beginnt mit der Zersetzung der Kohlenwasserstoffe (resp. der Ausscheidung des Kohlenstoffs infolge der Flammentemperatur) und endet, sobald der Sauerstoff der Luft die Kohlenpartikelchen erreicht und in gasförmige Verbindung (Kohlensäure) zurückführt.

Entleuchtungs-Versuche. Führt man dagegen der Kohlenwasserstoff-Flamme den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff schon im Moment der Ausscheidung zu, d. h. mischt man das Gas schon vor der Brennermündung mit atmosphärischer Luft, so wird das Glühen des Kohlenstoffs gehindert und die Flamme eines solchen Gemisches brennt ohne Leuchtkraft vollständig blau.

Für die Anwendung des Gases zum Kochen und Heizen kommt nun die Entleuchtung des Gases zur wirksamen Verwendung und hat hier zunächst den Zweck, den Rußabsatz an den über der Flamme stehenden Gefäßen zu verhindern. Die Heizkraft solcher entleuchteten Flammen ist auch größer als diejenige der leuchtenden Flamme bei gleichem Gaskonsum. Zur vollständigen Entleuchtung eines Gases sind im Minimum 50—60 Volumprozente Luft erforderlich. Wird die Beimischung über 150 Prozent gesteigert, so verkürzt sich die Flamme mehr und mehr, schlägt in das Brennrohr zurück und brennt dort fort.

Den Grundgedanken für alle Gas-, Heiz- und Kochapparate bildet der von R. Bunsen in Heidelberg erfundene und eingeführte Brenner. Der Bunsen'sche Brenner besteht aus einem inneren engen Rohre, aus dessen oberer Platte das Gas ausströmt, und einem äußeren weiten Rohre, dem sogenannten Brennerrohr, welches unterhalb der Mündung des Gasrohres mit seitlichen Öffnungen zum Eintritt der frischen Luft versehen ist. Nachdem die Mischung von Luft und Gas im Brennerrohre stattgefunden hat, tritt das Gemisch am oberen Ende aus und wird unmittelbar aus der freien Röhre verbrannt. Regulierungsvorrichtungen für die Luft bleiben fort.

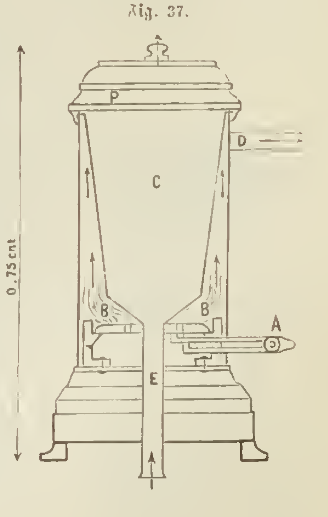
Diese Brenner werden mit mancherlei Modifikation für die verschiedensten Zwecke gebraucht; es werden z. B. in den Bratapparaten eine Anzahl gewöhnlicher Brenner kombiniert, oder man wendet brausenförmige Kopfstücke an, wie sie u. a. der Gaskocher Fig. 40 zeigt.

I. Gasöfen und Gaskamine.

Fig. 37 giebt das Schema eines Ofens, bei welchem Vorsorge getroffen ist, daß die Verbrennungsprodukte abziehen, ohne sich mit der Zimmerluft zu mischen.

A ist das Rohr, durch welches der Ofen mit Gas gespeist wird. B, B sind die Brenner, in welchen das mit Luft gemischte Gas verbrennt und die Innenwand des Trichters C erwärmt. Die Verbrennungsgase entweichen durch D in den Schornstein oder in ein beliebiges Dunstrohr. Durch den Kanal E tritt Zimmerluft oder frische Luft aus dem Freien in den Verbrennungstrichter, welcher an der inneren Seite eine Bekleidung von feuerfestem Thon — zur Verhinderung des Glühens — erhält und strömt durch den durchbrochenen Deckel in das Zimmer.

Fig. 37.



Explosionen sind ausgeschlossen, da bei geöffnetem Gashahn das ausströmende Gas gefahrlos durch D entweicht; auch der bei Gasheizung bekannte Gasgeruch wird vermieden. Die kleinen Nummern solcher Öfen sind transportabel und zur schnellen Heizung — also auch ohne Abzug der Verbrennungsprodukte — hergestellt. Fig. 38 zeigt das Äußere eines Cirkulations-Gasheizofens mit fünf Brennern und fünf Hähnen. Auch vollständige

[1]) Diese Erklärung verdanken wir Davy. — G. A. Hirn hat die Theorie erweitert. Er nimmt an (Journ. f. Gasbeleuchtg., Jahrg. 1874): daß der feste Kohlenstoff und diejenigen Körper, welche der Flamme den Glanz geben, sich infolge der hohen Temperatur fundamental verändern und durchsichtig werden.

Gasheiz-Badeöfen mit Brauseneinrichtung, 35 cm Durchmesser, 1,30 cm hoch, kommen zur Verwendung.[1]) Wie in § 35 erwähnt wurde, kommen solche Öfen da zur Anwendung, wo kleinere oder größere Räume rasch und vorübergehend geheizt werden sollen, wo Schornsteine mangeln, um andere Öfen stellen zu können, und wo das Eintragen des Brennstoffs inopportun erscheint.

Fig. 38.



Gaskonsum der Gasheizöfen. Werden die Verbrennungsprodukte abgeführt, so rechnet man

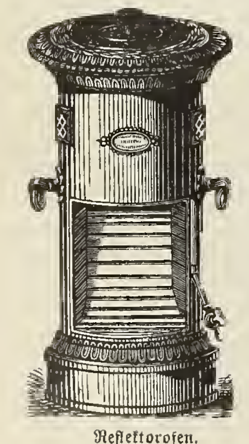
pro cbm Raum stündlich 0,4 bis 0,5 cbm Gas,
werden sie nicht abgeführt 0,3 cbm,
und bei großer Kälte 0,6 cbm.

Hat man den zur Erwärmung eines Raumes nötigen stündlichen Gaskonsum berechnet, so dividiere man letzteren durch 1100, um die Anzahl der Brenner zu finden. Es verbraucht ein Ofen

von 160 mm	Durchm.	und 600 mm	Höhe	ca.	stündlich	370 l	Gas,
„ 260 „	„	„ 780 „	„	„	„	450 „	„
„ 230 „	„	„ 1500 „	„	„	„	700 „	„
„ 290 „	„	„ 1800 „	„	„	„	1200 „	„
„ 470 „	„	„ 1750 „	„	„	„	2000 „	„
„ 470 „	„	„ 1910 „	„	„	„	2100 „	„

Die Einrichtung der Gasheizkamine haben wir schon in § 26 beschrieben; auch unterscheiden sich dieselben der Form nach nur unwesentlich von den Gasheizöfen.

Fig. 39.



Reflektorofen.

Die französischen Kamine sind mit einem Kupfer- oder Messingreflektor versehen, um auch die Wärmestrahlung für das Zimmer nutzbar zu machen. Dieselben werden aber auch von Schmiedeeisen gefertigt. Ein Kamin dieser Art hat 35 cm Durchmesser bei 70 cm Höhe und kostet 50 ℳ. Der stündliche Gaskonsum desselben beträgt 0,25 cbm.

II. Gas-Kochapparate.[2])

a) Für den gewöhnlichen Haus- und Küchengebrauch haben sich die in Fig. 40—43 dargestellten „Gaskocher“ eingebürgert. Sie dienen zum Kochen von Suppen, Gemüse und Fleisch in Töpfen, sowie zum Schmoren und

Fig. 40.

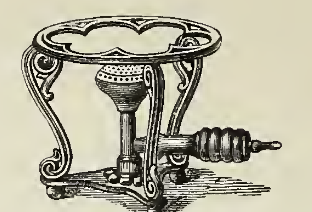
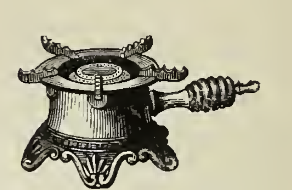


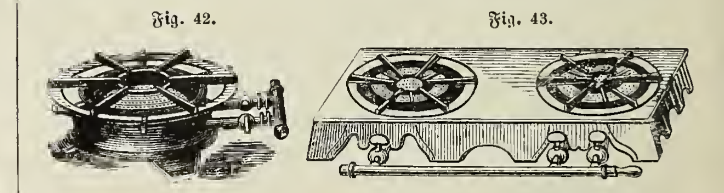
Fig. 41.



Braten. Jeder Kochtopf von Eisen oder Blech kann auf den Kochring gestellt und die Speise, wie gewöhnlich, darauf bereitet werden. Die Stärke der Flamme läßt sich am Hahn regulieren resp. abstellen.

Fig. 40 ist ein Gaskocher mit verziertem Eisengestell; der Brennerkopf ist als Brause gestaltet. Gasverbrauch

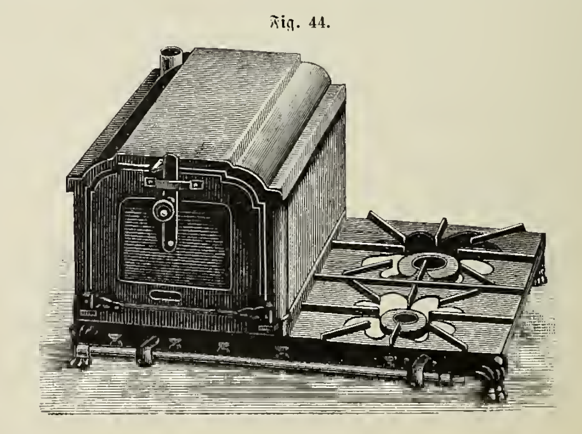
Fig. 42. Fig. 43.



180 l pro Stunde. Der Gaskocher (Fig. 41) enthält bei gleichem Konsum nur einen Ring. Die Nummer Fig. 40 wird mit 5 Mark, Fig. 41 mit 4,50 Mark berechnet.

Fig. 42 stellt einen Gaskocher mit doppelten Brennerringen dar. Jeder Brennerring ist mit besonderem Hahn versehen, und nachdem das Kochen schnell erfolgt ist,

Fig. 44.



schließt man den größeren Brenner ab. Der Gaskonsum beträgt stündlich etwa 275 Liter. (Preis 8 Mark.)

b) Für größeren Bedarf werden viereckige Ein-, Zwei- und Dreilochkocher geliefert, um mehrere Speisen

1) Vergl. Katalog von Karl Gerlach, Berlin, S. 32 u. 33.

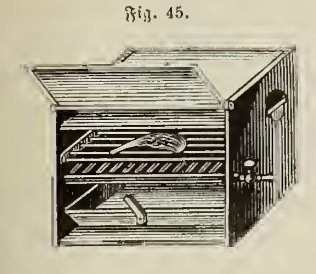
2) Die Anwendung des Gases zum Kochen ist in Deutschland noch nicht so verbreitet wie in England und Frankreich. In Paris sind die Küchen vielfach ganz für Gas eingerichtet; in Deutschland findet dasselbe nur ausnahmsweise für Réchauds und einfache Koch-Apparate Anwendung. Vergl. Taf. 52 (Gaskochherd).

gleichzeitig bereiten zu können. Fig. 43 ist ein Zweilochkocher mit 3 Hähnen, 58 cm lang, 24 cm breit, 8 cm hoch.

Fig. 44 stellt einen modernen Zweilochkocher mit Brat- und Back-Apparat verbesserter Konstruktion dar. Zur Erleichterung des Bratprozesses wird Oberhitze mittels eines heißen Luftstromes erzeugt. Preis 75 Mark.

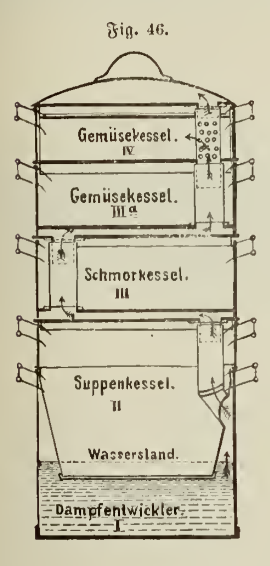
Zur Herstellung von kleinen Rost- und Spießbraten, Koteletts, Geflügeln eignet sich ganz besonders Apparat Fig. 45 mit Rost, Pfanne und Blech zum Backen.[1])

Fig. 45.



Gaskonsum. Bei der Verwendung des Gases zum Kochen vermittels der gewöhnlichen Kochapparate werden durch 1 cbm Gas ca. 5500 Kalorien nutzbar gemacht, resp. damit 4,3 kg Wasser verdampft. Bei angemessener Regulierung und in guten Gas-Kochapparaten bedarf man zum Erhitzen von 1 Liter Wasser von 0° auf 100° C. = 33—40 l Gas; zum Erhalten dieser Temperatur stündl. pro 1 l Wasser 20 l Gas.

Fig. 46.



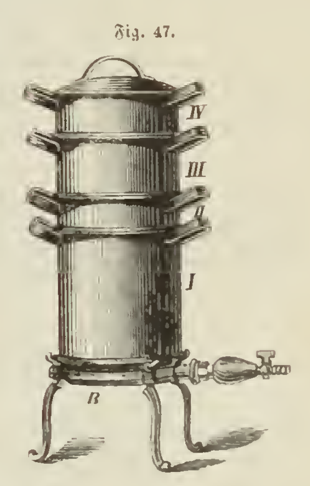
Um eine Suppe zu bereiten, bestehend aus 24 Proz. Fleisch, 73 Proz. Wasser und 3 Proz. Gemüse bei 3 stündiger Kochdauer werden erfordert pro Kilogramm 80—110 l Gas.

c) Der dänische Gaskoch- und Bratapparat. In keinem Lande ist der Gaskonsum zu Kochzwecken so bedeutend wie in Dänemark.[2]) Der in Fig. 46 im Durchschnitt dargestellte Dampf-Etagen-Kochapparat mit Gasheizung (von Schulz & Sackur in Berlin) ist in Dänemark sehr verbreitet und in Deutschland seit einigen Jahren eingeführt. Er eignet sich ganz besonders zur Herrichtung vollständiger Mahlzeiten, bestehend aus Suppe, Fleisch, Gemüse, Braten oder Fisch.

Der Apparat besteht aus vier bis fünf übereinander stehenden cylindrischen Blechgefäßen, von denen das unterste, der Dampfentwickler, auf 1/3 seiner Höhe mit Wasser gefüllt ist und zur Erzeugung des zum Kochen erforderlichen Dampfes dient. Das nächste Gefäß, der Suppenkessel, taucht 25 cm unter den Wasserspiegel von Gefäß I ein. Gefäß III dient zum Schmoren des Fleisches. Das oberste Gefäß Nr. IV, Gemüsekessel — mit isoliertem, doppeltem Deckel —, gebraucht man zum Kochen von Kartoffeln, Rüben 2c., die mit direktem Dampf gekocht werden.

Dieser Etagen-Kochapparat wird auf einen ringförmigen Gaskocher mit 8—10 Heizflammen gestellt; nach 30—45 Minuten beginnt die Dampfentwickelung in Kessel Nr. I, wobei die Wandungen des Suppenkessels von außen geheizt werden. Von hier tritt der Dampf durch das Knierohr in den Doppelboden von Kessel III und alsdann direkt in den Gemüsekessel IV ein. Der kondensierte Dampf fließt als Wasser nach dem Kessel I zurück, kommt also mit den Speisen gar nicht in Berührung.

Fig. 47.



Der zur Heizung des Etagenkessels dienende Gaskocher ist so konstruiert, daß das Gasgemisch aus weitgeschlitzten Brennern geruchlos, rußfrei und sparsam verbrennt.

Ein zweiter Gasring, der mit geliefert wird, dient zur Bräunung der Braten 2c. auf der Stielpfanne, da diese Speisen im Etagenkessel nicht braun werden.

Der Gaskonsum ist bei 15 mm Druck in der Leitung und bei voller Einstellung des messingnen Düsengashahnes 200 l pro Stunde (= 1/5 cbm); bei geringerer Einstellung 150 l pro Stunde.

Für die Zubereitung eines Mittagessens sind bei dem kleinern Apparat zu 4 Personen rot. 1/2 cbm Gas nötig, welche in Berlin 8 Pf. kosten. In dem größeren Apparat für 8 Personen sind für 12 Pf. Gas zur Zubereitung des Essens erforderlich.

Der Preis eines kompletten Apparates für 4 Personen, wie ihn Fig. 47 darstellt, mit 2 achtflammigen Gasringen, ist 30 Mark.

Es mag zum Schluß Erwähnung finden, daß gegenwärtig die Verwendung des Gases für industrielle Zwecke eine außerordentliche ausgebreitete ist. Wir nennen nur: Lange Kocher für galvanische Bäder, Apparate zur Abtötung der Bakterien im Wasser,

1) Die Brenner sind mittels des Hahnes leicht regulierbar, die Flammen bei diesem Apparat leuchtend und wirken durch strahlende Wärme wie bei jeder Bratspießfeuerung. Preis 15—18 Mark.

2) Es wurden abgegeben in nachbenannten kleinen dänischen Städten für Koch-, Heiz- und motorische Zwecke:

in Fridericia	12 1/2	Proz. der Gesamtproduktion.
„ Odense (im Sommer)	25	„ „ „
„ Korsöva	33	„ „ „
„ Meribo	40	„ „ „
„ Slagelse	50	„ „ „
„ Stubekjöbing	66	„ „ „

Die Lieferung erfolgt für gewerbliche Zwecke durch besondere Leitungen und zu einem ermäßigten Preise. (Journal für Gasbeleuchtung.)

Apparate für Destillationszwecke, Gasplätteisen, Plätteisenwärmer, Gaslötöfen, Gaslötrohre, diverse Heizkörper mit stehenden oder Pilzbrennern, Heizregister aus Gasrohr u. dgl. m.

Resumé. Die Verbesserungen in der Konstruktion der Brenner, Herde, Kochgefäße und Öfen stellen es daher außer Zweifel, daß man künftig mit Gas wohlfeiler als mit jedem anderen Brennmaterial wird kochen, unter Umständen auch heizen und nebenbei die Vorzüge der größeren Bequemlichkeit und Reinlichkeit dieser Feuerungsmethode genießen können.

Zweites Kapitel

Wasserleitung in Gebäuden.

§ 7.

Das Röhrenmaterial.

Bei den modernen Wasserleitungen finden, wegen des verhältnismäßig hohen Druckes von 3—6 Atmosphären, zu den Hauptsträngen und den Straßenabzweigungen ausschließlich gußeiserne Röhren Verwendung. Auch die Abzweigungen in die Gebäude, welche mehr als 30 mm lichte Weite haben, werden durch gußeiserne, in die Hauptleitung eingelegte, meist rechtwinklige Abzweigungsstücke (Façonstücke) hergestellt.

Alle Abzweigungen unter 30 mm lichtem Durchmesser und sämtliche Verteilungsröhren in den Gebäuden pflegt man dagegen fast allgemein aus Bleiröhren oder aus sogenannten Mantelröhren[1]) (d. h. aus Zinnröhren mit 0,5 mm starker Wandung) herzustellen, die außerhalb mit einem Bleimantel versehen sind. Solche Mantelröhren sind widerstandsfähiger als die Bleiröhren und an manchen Orten durch sanitätspolizeiliche Vorschriften zur Verwendung vorgeschrieben, weil weiches Wasser die Eigentümlichkeit hat, das Blei aufzulösen.[2]) Die innere schwache Zinnröhre hält nämlich das Wasser von dem Blei ab, während der äußere Bleimantel dem Rohre Widerstandsfähigkeit gegen innere Pressung verleiht. Aus diesem Grunde werden die Mantelrohre auch leichter im Gewicht hergestellt.[3])

Die Bleiröhren wie die Mantelröhren werden nach Gewicht pro laufenden Meter verkauft. Gewöhnlich wird ein normales Gewicht pro Längeneinheit je nach der Lichtweite vorgeschrieben, wobei gleichmäßige Rohrstärke vorausgesetzt ist.

a. Bleiröhren

von 13 mm	lichter	Weite	sollen	wiegen	3,0 kg	pro	lfd.	Meter,
„ 15	„	„	„	„	3,5 „	„	„	„
„ 20	„	„	„	„	4,5 „	„	„	„
„ 25	„	„	„	„	5,0 „	„	„	„
„ 30	„	„	„	„	7,0 „	„	„	„

b. Zinnröhren

von 13 mm	lichter	Weite	wiegen nur	1,25 kg	pro	lfd.	Meter,
„ 15	„	„	„	1,5 „	„	„	„
„ 20	„	„	„	2,25 „	„	„	„
„ 25	„	„	„	2,75 „	„	„	„
„ 30	„	„	„	3,25 „	„	„	„

Die Abzweigungen vom Hauptrohr in die Gebäude.

Zu den Abzweigungen von 15, 20, 25 und 30 mm lichtem Durchmesser benutzt man gegenwärtig nur Mantelrohr. Der Anschluß an das Hauptrohr wird nun in der Art bewirkt, daß man dieses anbohrt, eine Rohrschelle darum legt und in letztere ein kurzes Metallstück (Sauger) druckdicht einschraubt oder einlötet. Die Rohrschelle Fig. 48 besteht aus einem gußeisernen Kopfe b, in welchen das Gewinde e zur Aufnahme des Saugers Fig. 49 eingeschnitten ist. Dieser Kopf wird mittels eines schmiedeeisernen Bandes fest an das Rohr angezogen und durch den Gummiring f gedichtet. Am entgegengesetzten Teil des Saugers findet sich eine Schraubenverbindung, an welche das Abzweigungsrohr angelötet wird (wie Fig. 51 in größerem Maßstabe zeigt), so daß nach geschehenem Anschrauben des Verbindungsstückes mit dem aufgelöteten Zuleitungsrohr die Verbindung hergestellt ist.

Bei allen mittels Sauger bewirkten Anschlüssen ist

1) Einen eingehenden Artikel über Zinnbleiröhren enthält die Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1870, S. 113.

2) Nach Graham, Miller, Hoffmann und Dr. Medlock wird die Oxydation des Bleies hauptsächlich dadurch bedingt, daß weiches Wasser wegen Mangel an freier Kohlensäure und kohlensaurem Kalk eines kräftigen Schutzmittels gegen die Auflösung des Bleies beraubt ist.

3) Mantelröhren mit 0,5 mm starkem Zinncylinder haben neuerdings vielfach Anwendung gefunden und sind unter hohem Wasserdruck ohne nachteilige Veränderungen probiert worden. Im Bade Teplitz sind bei der dasigen Wasserleitung Mantelrohre bis zu 150 mm Weite verwendet worden.

vorausgesetzt, daß der *Hauptabstellhahn* h für die Hauswasserleitung sich *nicht* unter dem Straßenpflaster befindet, sondern unter dem Trottoir, wie Taf. 56, Fig. 1 erkennen läßt. Letztere Anordnung ist namentlich in stark befahrenen Straßen nicht zu umgehen, sofern diese nicht ein gutes Kopfsteinpflaster oder Asphaltbelag haben. Wo es die Straßenverhältnisse jedoch gestatten, da kann auch statt des Saugers der Abstellhahn direkt an die Hauptleitung angeschlossen werden. Zu dem Ende schraubt man das Hahnengehäuse (Fig. 50) direkt in die Rohrschelle hinein und die Contremutter a des Gehäuses wird durch getalgte Hanffäden gedichtet und fest gegen den Schellenkopf angezogen. Das andere Ende b des Hahngehäuses ist mit Schraubenverbindung versehen, an welche das Rohr, wie oben, angelötet wird.

Fig. 48.

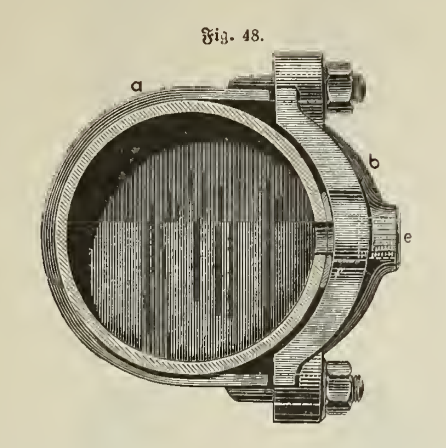


Fig. 49.

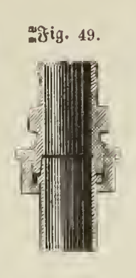


Fig. 50.

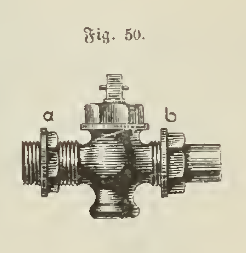


Fig. 51.

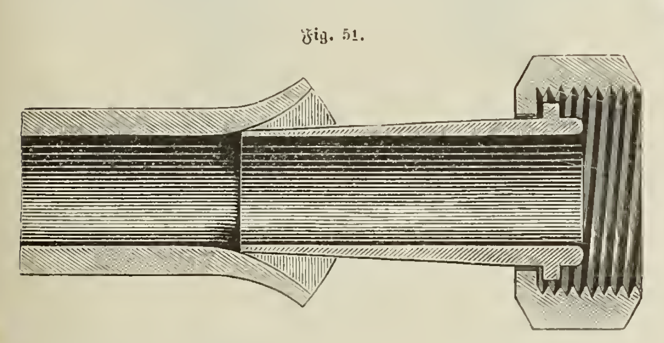


Fig. 52.

Fig. 53.

Um das Hauptrohr auch unter vollem Druck anbohren zu können, legt man die Rohrschelle um das Rohr, schraubt den Hauptabstellhahn in dieselbe ein und setzt einen, zu diesem Zweck besonders konstruierten Bohrapparat[1]) auf, dessen Bohrer durch den geöffneten Hahnenkegel hindurchgeht und bis zur Rohrwandung gelangen kann. Hierauf bohrt man mittels einer Bohrknarre das entsprechende Loch in die Wandung des Rohres ein, zieht den Bohrer bis hinter den Kegel zurück und schließt den Hahn. Das bei erfolgtem Bohren austretende Wasser kann nur bis an die Stopfbüchsendichtung gelangen.

Der Haupthahn dient nur den Zwecken der Wasserwerksverwaltung und wird von deren Beamten bedient. Damit aber auch jeder Konsument seine Leitung beliebig schließen kann, ist in der Zuleitung innerhalb des Gebäudes ein zweiter Haupthahn b (Taf. 56, Fig. 1) so anzuordnen, daß durch denselben der Wassermesser a mit der Hausleitung von der Hauptrohrleitung abgesperrt wird.

Der *Privathaupthahn* muß leicht zugänglich in einem *frostfreien* Keller angebracht werden und erhält dieselbe Konstruktion wie der Abstellhahn. Fig. 41 zeigt den Längenschnitt, Fig. 42 die Ansicht und den Grundriß desselben; e ist eine Entleerungsöffnung, die bei Reparaturen das Ausfließen des in der Leitung enthaltenen Wassers gestattet.

Statt der Hähne, welche sich schwer drehen lassen, wenn sie lange Zeit nicht gebraucht sind, wendet man neuerdings vielfach *Ventile* an, die einen ruhigeren Abschluß des Wassers erzeugen, wodurch die Stöße in der Leitung vermieden werden.

[1]) Derselbe ist abgebildet in dem Werke von *E. Salbach*: *Die Wasserleitung in ihrem Bau und ihrer Verwendung in Wohngebäuden*, welchem wir die hierhergehörigen Figuren entlehnt haben.

Eine zum Anbohren von Wasserleitungsröhren ohne Wasserverlust bestimmte „*Anbohrschelle*" von Joos Söhne & Comp. in Landau (Pfalz), deutsches Reichspatent Nr. 4205, ist abgebildet im „*Rohrleger*", Jahrg. 1879, Seite 313.

Weite der Abzweigungen. Beträgt die Länge der Zuleitung unter 30 m, so richtet sich deren Weite nach der Anzahl der Ausflußhähne (Zapfhähne), und zwar ist die Rohrweite:

für	1 Stück	Zapfhahn von 10—20 mm Weite	mindestens	15 mm,
„	2—20	„ Zapfhähne „ „	„ „	25 „
„	20—40	„ „ „ „	„ „	30 „
„	40—60	„ „ „ „	„ „	40 „
über	60	„ „ „ „	„ „	50 „

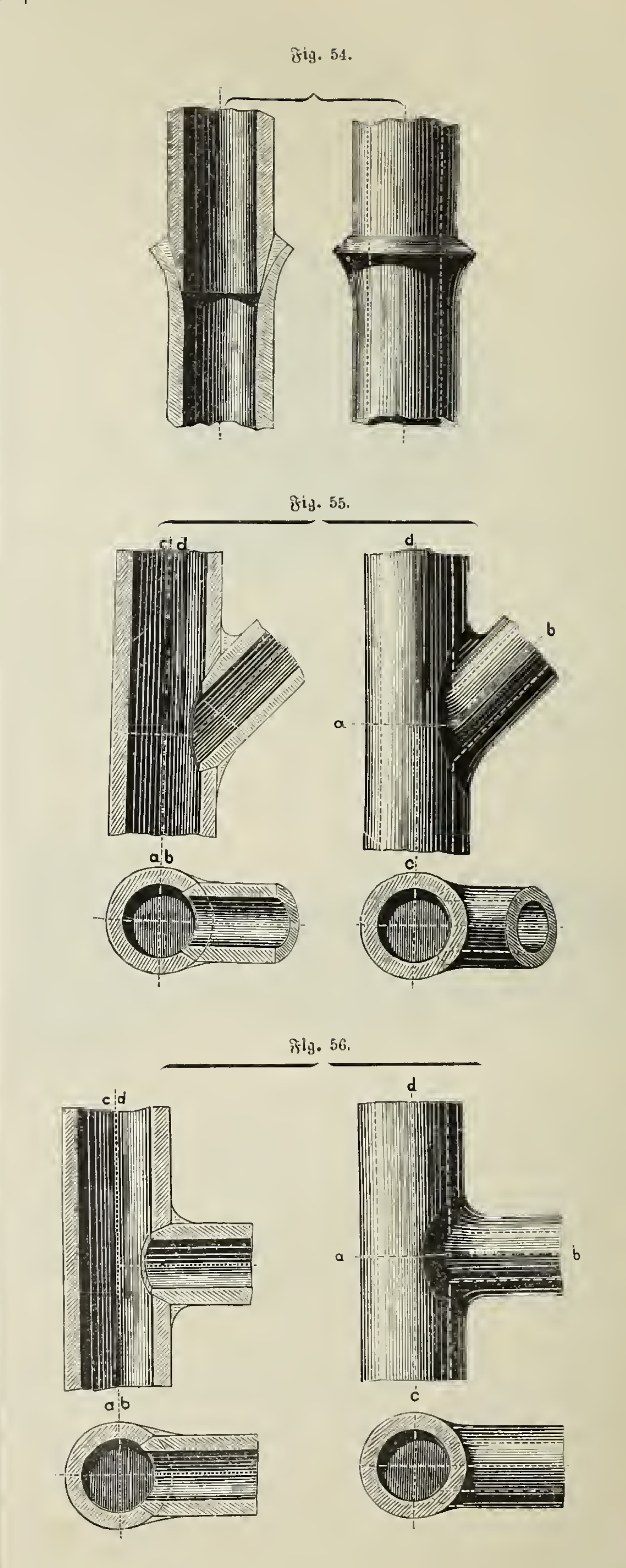
Hiernach genügt also für Gebäude von 2—3 Stockwerken ohne Seitenflügel eine 20 mm weite Zuleitung, um das Wasser zur Speisung von Küchen, Waschbeckenhähnen und Klosetts zu verwenden, und diesen Durchmesser erhält auch die Steigeleitung bis zum höchsten Punkt. Größere Gebäude mit Seitenflügel erhalten am besten 2—3 getrennte, je 20 mm weite Steigeleitungen, die von einer 25—30 mm und höchstens 40 mm weiten gemeinschaftlichen Erd- oder Anschlußleitung gespeist werden. Werden außer den Klosetts auch noch Badeeinrichtungen verlangt, oder Feuerhähne erfordert, so giebt man den Steigeleitungen besser 25 mm lichten Durchmesser.

Die Abzweigungen zur Entnahme des Wassers von der Steigeleitung werden möglichst kurz und aus 13 mm weiten Röhren hergestellt, wobei zu beachten, daß man den Ausflußhähnen in den oberen Etagen größere Durchgangsweiten als im Souterrain giebt, mit Rücksicht auf die Abnahme des Wasserdruckes in den oberen Geschossen. Genügt daher im Parterre ein Küchenhahn von 10 mm Lichtweite, so muß derselbe im vierten Stock 13 mm weit hergestellt werden.

Ist die Zuleitung länger als 30 m, so ist deren Weite nicht unter 40 mm zu nehmen.

Zum Schutz gegen das Einfrieren der Rohre muß die Zuleitung ebenso wie das Hauptrohr circa 1,5 m unter dem Terrain liegen und darf auch nicht flacher durch die Fundamente der Häuser geführt werden, weil sich die äußere Temperatur im Mauerwerk besser als in der Erde fortpflanzt.

Verbindung der Bleirohre. Um ein Bleirohr durch Anlöten eines zweiten zu verlängern (Fig. 54), treibt man dasselbe mittels eines konischen Dornes aus hartem Holz so weit auf, daß man das Verlängerungsstück — welches vorher zugespitzt und mit dem Schaber metallisch rein gemacht worden ist — etwa 10 mm tief in das aufgetriebene Stück einschieben kann. Es muß genau in das erweiterte Ende passen, damit nicht Lot[1]) in das Innere des Rohres gelangt. Hierauf werden mit dem Lötkolben (oder der Lötlampe) die Enden angewärmt, vorher leicht mit Talg überrieben und dann so viel Lot in die Fuge gebracht, bis sie damit angefüllt ist. Um das Lot gut in Fluß zu bringen, wird etwas Kolophonium-Pulver aufgestreut und dasselbe



1) Lötet man mit der Lampe, so nimmt man zum Löten eine Komposition von 1 Teil Zinn und 1 Teil Blei; bei Anwendung des Kolbens 2 Teile Zinn und 1 Teil Blei. — Zum Löten von Mantelröhren dient ein Lot von 4 Teilen Blei und 5 Teilen Zinn.

so lange erwärmt, bis es gleichmäßig geschmolzen ist. Hierauf läßt man es erstarren und kühlt die Lötstelle mit kaltem Wasser ab. — Die Unebenheiten der Lötung werden mit einer groben Feile beseitigt und die ganze Stelle durch Abreiben mit Glaspapier rund und ansehnlich gemacht.

Bei seitlichen Abzweigungen schneidet man das abzweigende Stück nach dem entsprechenden Winkel ab, reißt danach das Loch auf der geraden Rohrstrecke vor, schneidet dieses aus und bringt das abzweigende, konisch zugespitzte Stück hinein, nachdem die sich berührenden Oberflächen vorher mit dem Schaber metallisch rein gemacht sind. Darauf werden die Rohre mit dem Lötkolben oder der „Lampe" angewärmt, zuerst durch einige Tropfen Lot geheftet und dann wie oben sorgsam gelötet, so daß Lot in die Rohre nirgend eindringt. Fig. 55 und Fig. 56 stellen Abzweigungen unter rechtem und unter spitzem Winkel dar.

Will man ein Verbindungsstück, welches zu einem Sauger gehört, mit dem Blei- oder Mantelrohre verbinden (Fig. 51), so muß die einzulötende Stelle vorher verzinnt werden. Gewöhnlich werden aber solche Stücke vom Fabrikanten schon verzinnt geliefert und ist das Zinn hiernach an der Oberfläche nur blank zu reiben. Die Einlötung des Metallstückes erfolgt ganz in derselben Weise, wie die Verbindung der Bleirohre. Für öfters zu lösende Stellen wendet man Flanschenverbindungen oder Verschraubungen an. Bei ersteren werden die Rohrenden umgebörtelt und die Dichtung wird durch Zusammenpressen der Ränder hergestellt; bei letzteren können Gummi- oder Lederscheiben benutzt werden.

Die Befestigung aufsteigender Rohre in den Gebäuden geschieht in Entfernungen von 1,5—1,75 m mittels der, in Fig. 5 i dargestellten Rohrhaken, während bei wagrechter Führung der Rohre diese schon in Zwischenräumen von höchstens 0,60 m unterstützt werden müssen, weil sie sonst durch das eigene Gewicht durchbiegen und an den Befestigungsstellen sich so zusammendrücken, daß das Wasser nur spärlich hindurchläuft. In wagrechten Lagen ist es daher nötig, die Rohre beim Verlegen gut zu strecken. — Im übrigen leitet man im Innern der Gebäude, wenn irgend angänglich, die Rohre nicht an Front-, sondern an Zwischenwänden entlang, wobei man sie entweder in die Mauer versenkt und verputzt, oder besser in gemauerten Falzen emporführt. In untergeordneten Räumen können sie selbst äußerlich an die Wand befestigt werden, sind aber dann durch einen leichten hölzernen Kasten vor Beschädigung zu schützen.

Ist man auf solche Weise bis in den mit Wasser zu versorgenden Raum gelangt, so wird das Rohr in der Höhe von einem Meter an geeigneter Stelle der Wand abgeschnitten und an das Rohrende wird entweder eine Wandscheibe (Fig. 57) oder eine zum Hahn gehörige Verschraubung, wie in Fig. 58, angelötet. Die Wandscheibe wird an einen Holzdübel angeschraubt und so weit verputzt, daß nur der Gehäuserand vorsteht. In das Gewinde der Wandscheibe wird sodann der zur Wasserentnahme bestimmte Zapfhahn (Fig. 58) festgeschraubt und durch Einlegen von getalgten Hanffäden die Verbindung gedichtet. Nachdem der Hahn gerade gestellt worden ist, wird die auf dem Gewinde aufgeschraubte Contremutter rückwärts an die Wandscheibe angedreht und dadurch erst der Hahn in gerader Stellung zum Schluß gebracht.

Fig. 57.

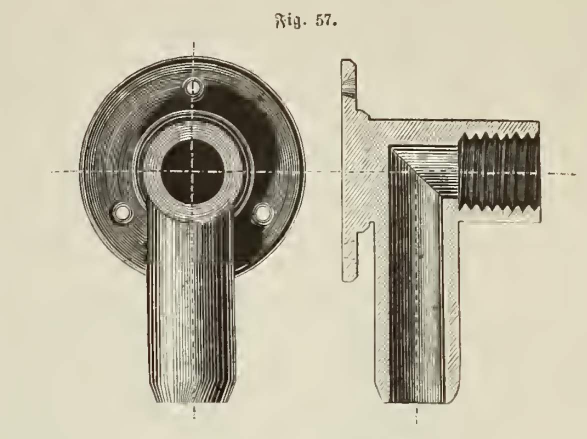
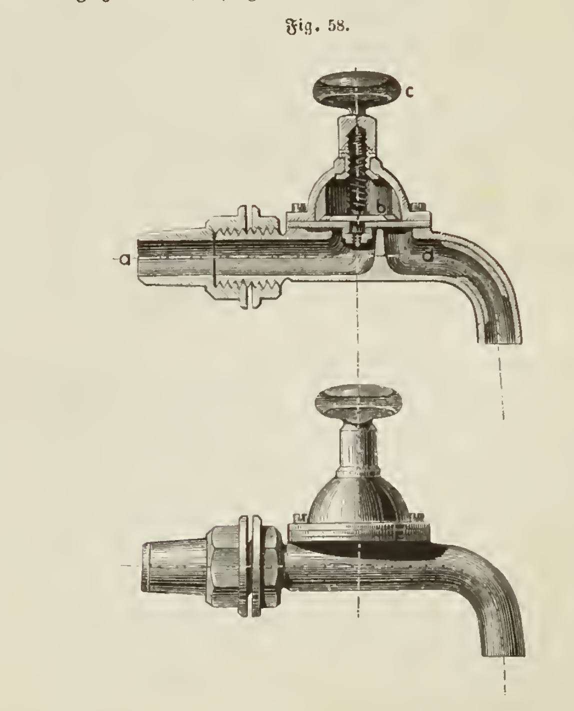


Fig. 58.



§ 8.

Ausflußvorrichtungen im Innern der Gebäude.

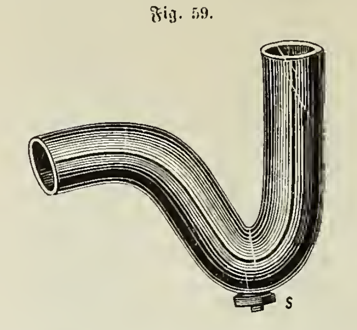
Zur Entnahme von Wasser aus den Leitungen sind die Niederschraub-Durchgangshähne allgemein eingeführt. Fig. 58 zeigt Durchschnitt und Ansicht eines

solchen Hahnes ohne Wandscheibe (mit gewöhnlicher Verschraubung). Im wesentlichen besteht die Auslaßvorrichtung aus dem Zuführungsrohr a, welches durch eine Gummischeibe b so lange verschlossen gehalten wird, bis durch Umdrehen des Schlüssels c die Gummiplatte in der sie umgebenden Kappe vom Wasserdruck gehoben wird. Dann erst kann das Wasser aus a über die Zwischenwand nach der Abteilung d gelangen und von da ausfließen. — Es ist hierbei zu bemerken, daß eine solche Ausflußvorrichtung nie in einem Zimmerwinkel angebracht werden soll, weil man nicht im stande sein würde, ein größeres Gefäß unter den Hahn zu bringen.

Anm. In Betreff der Benutzung der Hähne ist hier hervorzuheben, daß häufig Störungen an den Leitungen durch sogenannte „Wasserschläge“ veranlaßt werden, welche kostspielige Reparaturen zur Folge haben. Es werden dadurch die Lötungen zerstört, auch wohl die Rohre gesprengt. Wenn nämlich am Ende einer Leitung ein Zapfhahn geöffnet wird und das Wasser mit der dem Drucke der Wasserleitung entsprechenden Geschwindigkeit ausfließt, dann tritt durch den Rohrstrang ebensoviel Wasser nach und die ganze Wassersäule hat eine gewisse Geschwindigkeit angenommen. Wird also der Zapfhahn plötzlich geschlossen, so hat das Wasser infolge seines Trägheitsmomentes das Bestreben, nach dem Zapfhahn hinzufließen, wird hier aber durch plötzliches Schließen am Fließen gehindert und übt daher einen heftigen Stoß auf die Rohrwandungen aus, welche bei der geringen Komprimierbarkeit des Wassers die Rohre sprengt. Als Regel gilt daher: das plötzliche Schließen der Hähne und Ventile ist zu vermeiden. Alle Zapfhähne über Ausgußbecken, Waschtoiletten, Badewannen ꝛc. ꝛc. sind deshalb durch langsames Drehen am Schlüssel zu öffnen und zu schließen, damit die Dichtungsflächen nicht zerstört werden. Bei Niederschraub-Auslaufhähnen mit Gummischeibe wird durch zu festes Zudrehen leicht die Gummischeibe zerschnitten, daher der Hahn schnell undicht. Auch das Öffnen und Schließen des Haupthahnes muß mit Vorsicht geschehen, denn bei $^1/_4$ Umdrehung tritt der Hahn vom geschlossenen in den geöffneten Zustand; zu schnelles Öffnen kann also Nachteil bringen. Zweckmäßig ist es, sich ab und zu zu überzeugen, ob er gut funktioniert, d. h. ohne Anstrengung sich drehen läßt.

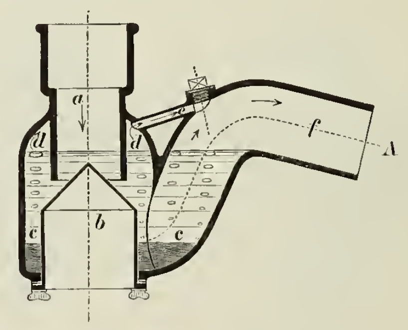
I. Küchen-Auslässe. Taf. 54, Fig. 1 zeigt im Zusammenhange die Anordnung eines Küchen-Auslasses. Der Niederschraubhahn (ohne Wandscheibe) ist hier mit gewöhnlicher Verschraubung versehen und in vorbeschriebener Art in das Bleirohr eingelötet. Im Durchschnitt des Mauerwerks wird das eingesenkte Bleirohr ersichtlich, welches durch in die Mauerfugen eingeschlagene Rohrhaken befestigt ist. Unterhalb des Ausflußhahnes ist ein Ausgußbecken angeordnet; ersterer etwa 1,1 m über der Erde und letzteres 35—40 cm tiefer, damit es möglich wird, einen Eimer bequem unter die Ausflußöffnung zu bringen und zu füllen. — Derartige Ausgußbecken können von Stein, Porzellan oder Gußeisen hergestellt werden. Steinerne Becken sind nicht geruchfrei, Porzellan ist zu zerbrechlich: man wendet also fast ausnahmslos dazu das emaillierte Gußeisen an. Unsere Figur zeigt ein solches Becken in gewöhnlicher Anordnung für Küchenbenutzung. Es besteht aus einer Schale mit Rückwand r, um das Bespritzen der Wand zu verhindern, und aus dem sogenannten Abflußrohr u, durch

Fig. 59.



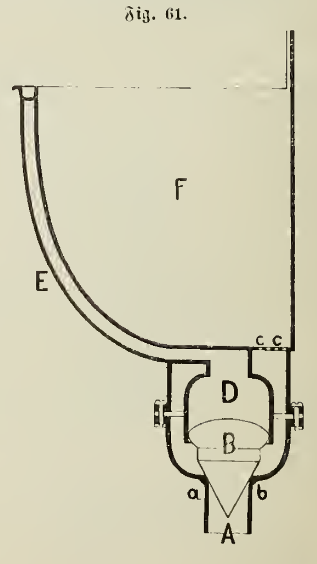
welches die unreinen Verbrauchswässer abfließen. Um die letzteren schnell abführen zu können, müssen die Röhren

Fig. 60



wenigstens 50 mm Weite erhalten; auch ist das Eindringen von Sand und Küchenabfällen in die Rohre sorgfältig dadurch zu verhindern, daß auf dem Boden des Beckens ein festes Sieb angebracht ist.

Fig. 61.



Zur Abhaltung der aus den Abflußröhren aufsteigenden übelriechenden Gase ist ein sogenannter „Geruchverschluß“ anzubringen, den man am einfachsten dadurch erhält, daß man das Rohr syphonähnlich biegt, wie Taf. 54, Fig. 1 u. 2 im Durchschnitt und obenstehende Fig. 59 in der Ansicht zeigt. Der Syphon oder Trape ist dann stets mit Wasser gefüllt, wodurch das Austreten der Gase in den Küchenraum gehindert wird. Eine kleine Reinigungsschraube s an seinem unteren Ende muß zuweilen gelöst werden, wenn Sand oder andere ungehörige Sinkstoffe sich an dieser Stelle angesammelt haben. Übrigens ist der Trape am Stutzen des gußeisernen Ausgußbeckens mit einer Beinschelle befestigt und in der Muffe des Abfallrohres mit Hanf und Mennigkitt eingedichtet.

Einen neuen Geruchverschluß für Ausgußbecken, Waschbecken u. dergl. liefern Budde & Göhde, Berlin S., D. R. P. Nr. 62 221, bekannt unter dem Namen „Kugelsyphon". Unter der ins Wasser eintauchenden Einströmungs-Öffnung a (Fig. 60) ist ein kegelförmiger Körper b so angebracht, daß die sich aus den Sinkstoffen c c entwickelnden übelriechenden Gase beim Aufsteigen neben dem Eintrittsstutzen sich sammeln, aus d durch e nach f geleitet und so gehindert werden, durch das Ausguß- oder Waschbecken zu entweichen. Dieser Geruchverschluß wird aus Gußeisen, innen emailliert, geliefert.

Anm. Im Sommer, wenn die Familien sich auf Reisen befinden, ist es bei starker Hitze unvermeidlich, daß das in den Geruchverschlüssen befindliche Wasser der Ausgußbecken und der Waschtische verdampft und daher schädliche Gase aus den Abflußleitungen in die Wohnungen treten. Für solche Fälle ist der Patentgeruchverschluß von E. Abicht in Berlin, welchen Fig. 61 im Durchschnitt darstellt, empfehlenswert.

Hier ist zwischen Ausgußbecken F und Abflußröhre A ein Ventilgehäuse angebracht, in welchem sich ein frei schwebendes Kegelventil B von Messingblech befindet, das bei a b seinen Sitz hat. Über dem Ventil sitzt die Glocke D fest an dem nicht durchbrochenen Boden des Beckens und steht mittels eines Röhrchens E in Verbindung mit dem Küchenraume. Sobald nun Wasser durch die Öffnungen c, c im Boden des Beckens abströmt, wirkt der Wasserdruck nur auf dessen Unterfläche und — solange der Druck größer ist als das Gewicht des Ventils — wird Wasser abfließen. Ist der Wasserdruck dagegen geringer als das Ventilgewicht, so fällt der Kegel sofort herab und schließt die Öffnung der Abflußröhre hermetisch, auch wenn alles Wasser im Ventilgehäuse verdampft sein sollte.

Das Abflußrohr muß sorgfältig gegen die Einwirkung von Frost geschützt werden; es ist daher ratsam, dasselbe ebenso wie die Zuflußleitung durch erwärmte Lokalitäten zu führen. Auch ist jede scharfe Biegung zu vermeiden und das Rohr möglichst vertikal hinabzuführen; seitliche Einmündungen aber lasse man wenigstens in einem Winkel von 45° einlaufen. — Die Querschnitte der Abfallröhren wähle man möglichst reichlich, d. h. für Küchenauslässe nicht unter 50 mm, weil bei engen Rohren leicht Verstopfung eintritt. Wenn das Abflußrohr vom obersten Ausguß eines Hauses vertikal abfällt, genügt dieser Querschnitt von 50 mm auch noch für mehrere übereinander liegende Küchen. Die unteren Einmündungen müssen dann aber mit „Etagenbögen" geschehen.

An ihrem unteren Ende erhalten die Abfallröhren ein Knie, durch welches die Verbrauchswässer in die anschließende Hauswasserableitung (Grundleitung) eintreten können (vergl. Taf. 57 bei b, b'); am oberen Ende werden dieselben entweder an ein russisches Rohr angeschlossen oder mittels Dunstrohr aus Zinkblech a, a über die Dachfläche hinausgeführt und das Dunstrohr mit Kappe versehen, wie solches die Anordnung auf Taf. 57 im Zusammenhang erkennen läßt.

II. **Waschtoiletten.** Die Bequemlichkeit, welche die Einführung des Wassers bis in die Küchen der verschiedenen Geschosse mit sich führt, wird neuerdings in noch größerem Umfange durch Anlage von Waschtoiletten mit Wasserzuführung ausgenutzt. In Bureaus und Comptoirs pflegt nun die Einrichtung derart zu sein, daß ein 15 mm weites Rohr in die Wand eingelassen wird und, wie bei den Küchenauslässen, ein Niederschraubhahn den Wasserstrahl in das Becken ergießt.

Auf Taf. 54, Fig. 2 ist der Durchschnitt einer Waschtoilette mit Wasserzuleitung für eine Schlafzimmer-Einrichtung dargestellt, wie sie für Familiengebrauch sich empfiehlt. — Im Äußern weicht das Möbel nicht von der gewöhnlichen Form der Toiletten mit Marmoraufsatz ab; jedoch ist das Waschbecken fest mit der Platte verbunden. Über dem Waschbecken bei a steht ein Porzellan- oder Glasknopf aus der Rückwand der Toilette vor, welcher den Schlüssel eines unter der Rosette befindlichen Niederschraubhahnes bildet. Sobald der Hahn geöffnet wird, kann das Wasser vordringen, aber nur bis zum Schwenkhahn b, welcher den

Fig. 62.

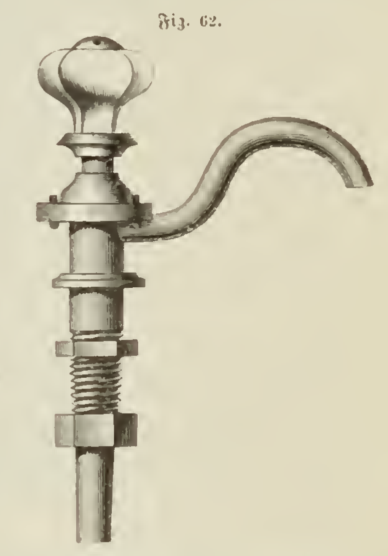


Fig. 63.



Ausfluß so lange verhindert, bis der drehbare Arm über die Mitte des Beckens gebracht ist. Der Schwenkhahn ist

mit einer kleinen Brause versehen, weil ein gebundener, 15 mm starker Wasserstrahl die Platte der Toilette stark bespritzen würde.

Bei einfacherer Anordnung kommt statt des Toiletten-Brausehahnes ein sogenannter Toiletten-„Schwanenhals“ (Fig. 62) zur Anwendung; dieser letztere ist nicht beweglich und ergießt das Wasser in einem kurzen, gebundenen Strahle in das dicht darunter befindliche Becken, welche Anordnung Fig. 63 in perspektivischer Ansicht zeigt. — Der Preis eines Brausehahnes stellt sich mit Krystallknopf auf 20,50 Mark, derjenige eines Schwanenhalses auf 7,50 Mark.

Das Becken besteht aus Porzellan. An seinem Boden ist ein Ventilsitz angekittet und das Ventil c an einem Kettchen angehängt, das an der Marmorplatte Befestigung findet. Hebt man dies Ventil aus, so fließt das Wasser durch die Röhre i in den Geruchverschluß g und von hier durch das 50 mm weite Bleirohr f in das zugehörige Ausflußrohr. Am untern Teil des Geruchverschlusses ist wiederum eine Reinigungsschraube angebracht. Auf Taf. 56 sind die Geruchverschlüsse einer Toilette mit zwei Waschbecken durch punktierte Linien dargestellt; sie sind nicht zu entbehren, wenn man das Austreten übelriechender Gase aus den Abfallrohren in die Zimmer verhindern will.

Das Überlaufen des Beckens wird verhindert durch eine siebartige Öffnung d (Taf. 54, Fig. 2), an deren äußere Stutzen ein Bleirohr e anschließt, welches mit dem Geruchverschluß g in Verbindung steht und dadurch auch mit dem Abflußrohr f kommuniziert.

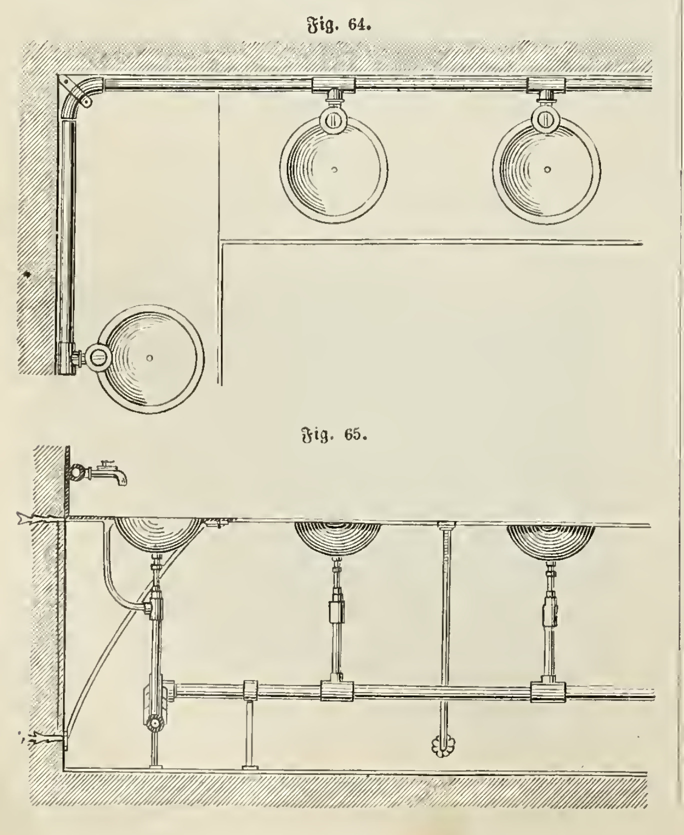

Fig. 64.

Fig. 65.

In Krankenhäusern, Irrenanstalten, Gefängnissen 2c. 2c. verlangt das Bedürfnis die Herrichtung besonderer Waschzimmer mit einer größeren Anzahl von Waschbecken. Im I. und II. Gefängnis der neuen Strafanstalt zu Plötzensee bei Berlin sind solche für je 20 Becken eingerichtet.[1]) — Fig. 64 und 65 geben ein Stück der Ansicht und den Grundriß solcher Anordnung. Der Fußboden des Raumes ist etwas geneigt und mit Asphalt überzogen, auch an den Wänden mit hohen Asphaltleisten versehen. Das nach dem Fußboden gelangende Wasser sammelt sich in zwei vertieften, mit durchbrochenen eisernen Platten versehenen kleinen Behältern und fließt von dort nach den vertikalen Abfallröhren ab. Alle Rohrleitungen liegen frei und sind daher für Reparaturen leicht zugänglich.

Die Waschtische bestehen aus 3 cm starken und 46 cm breiten Schieferplatten, welche durch schmiedeeiserne Konsolen getragen werden. Die Waschbecken sind aus emailliertem Gußeisen hergestellt und haben 0,26 m Weite. Das oberhalb der Schieferplatten an der Wand befestigte Zuflußrohr hat 25 mm, das Ausflußrohr 50 mm Weite, dieses ist mit starkem Gefälle verlegt und in die genannten Abflußbehälter eingeleitet.

In der Irrenheilanstalt zu Düren[2]) (Rheinprovinz) ist die Anordnung eine etwas abweichende. Hier hat man sich der in England beliebten Kippbecken bedient, die um Zapfen drehbar, in einer mit Blei ausgeschlagenen Rinne a angebracht und ebenfalls in eine starke Schieferplatte b (Fig. 66) eingelassen sind. Das Füllen der Becken wird durch Öffnen des Haupthahnes gleichzeitig bewirkt; überflüssiges Wasser gelangt durch den Ausgußschnabel des Beckens in die Rinne und die Entleerung der Becken erfolgt durch bloßes Kippen. Vom tiefsten Punkt der Waschtischrinne geht ein 50 mm weites schmiedeeisernes Rohr d zu einem Glockenverschluß, der im asphaltierten Fußboden eingelassen ist und mit der Grundleitung in Verbindung steht.

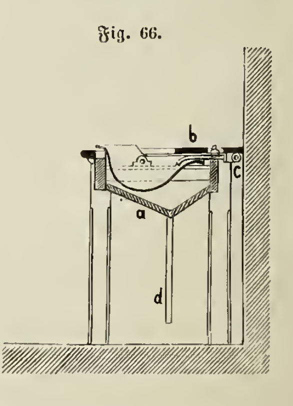


Fig. 66.

§ 9.

III. Anlage von Badezimmern.

Zur Anlage eines Badezimmers ist nicht jeder Raum geeignet. Zunächst soll derselbe möglichst zwischen geheizten Zimmern liegen, damit die Wasserröhren nicht der Einwirkung des Frostes ausgesetzt sind, da Umhüllung der Röhren gegen das Einfrieren nicht schützt. Ein weiterer Übelstand

1) „Zeitschrift für Bauwesen“, Jahrg. 1878, S. 157.
2) „Rohrleger“, Jahrg. 1879, S. 138.

würde der sein, daß sich die warmen Wasserdämpfe bei Bereitung des Bades an den kalten Wänden niederschlagen und daran herabrinnen. Am passendsten liegt daher das Badezimmer möglichst nahe den Schlafzimmern, wobei sich häufig ein gemeinschaftlicher Wasserzuleitungsstrang für Klosett und Bad benutzen, auch die Abführung des Badewassers nach dem Abflußrohre des Klosetts bewirken läßt.

Auf Taf. 55 ist die zusammenhängende Anordnung einer Badeeinrichtung dargestellt.[1]) Das 20 mm weite Zuleitungsrohr geht zunächst nach den über der Badewanne angebrachten drei Durchlaßhähnen, von denen der erste das kalte Wasser direkt in die Wanne leitet, der zweite die oberhalb angebrachte Brause in Thätigkeit setzt, und der dritte die Abzweigung öffnet, welche nach dem kupfernen Wasserofen führt. Dies Rohr mündet fast auf den Boden des geschlossenen Cylinders, um das kalte Wasser der Feuerung möglichst nahe zu bringen. Vom höchsten Punkte derselben führt mittels Verschraubung ein Abflußrohr nach der Badewanne, und in dem Maße, wie kaltes Wasser in den untern Teil zuströmt, tritt durch das andere Rohr erwärmtes Wasser in die Wanne. Das Bad kann beliebig warm hergestellt werden, indem man erforderlichenfalls den kalten Hahn öffnet.[2])

Die Badewanne besteht aus Zink (doch wendet man auch Marmorwannen und solche von Kacheln an); sie erhält 1,5—1,7 m Länge bei 0,50 m unterer und 0,60 m oberer Breite und hat, wenn sie aus Zink hergestellt ist, einen umgelegten Bord. — Der Boden der Wanne ist hohl; das Durchbiegen verhindert eine Holzeinlage. Am Fußende der Wanne befindet sich das Ablaßventil; es hängt an einem Kettchen und mündet nach unten in einen trichterförmigen Stutzen.

Zur Verbindung des letzteren mit dem Abfallrohr bedient man sich eines 50 mm weiten Bleirohres, weil diese Leitung meist in der Zwischendecke unter der Dielung entlang geführt werden muß. Auch ein Geruchverschluß ist in diesem Falle nicht zu entbehren, damit das Austreten von Gasen verhindert werde. — Bleirohr und vertikales Abfallrohr werden mittels Hanf und Mennigkitt verbunden und das letztere nach obenhin durch Aufsetzen eines Dunstrohres ventiliert, nach unten hin aber an die Grundleitung angeschlossen.

Wie bei den Waschtoiletten, so ist auch hier Vorsorge zu treffen, daß das in der Wanne über den normalen Stand steigende Wasser ablaufen könne. Zu dem Ende ist ein Sieb in angemessener Höhe angebracht, durch welches das Wasser in die doppelte Wandung tritt und in den vorerwähnten Abflußstutzen gelangt.

In öffentlichen Badeanstalten werden die Badewannen oft im Fußboden vertieft angebracht, aus Backsteinen in Cementmörtel gemauert und mit weißen Schmelzkacheln ausgelegt. In den Luxusbädern bestehen sie aus Marmor oder Fayence. Mit Anfertigung der letzteren beschäftigt sich u. a. die Firma J. Finch in London, Adam-Street 11.

Der Badeofen. Er dient zur gleichzeitigen Erwärmung des Badezimmers und des Badewassers. In vielen Fällen bestehen die Wandungen desselben aus Kacheln (vergl. Taf. 57) und die Wasserblase aus Kupfer oder Eisen. Unter der Blase befindet sich dann die Feuerung, und die Verbrennungsprodukte ziehen in steigenden Zügen auf und nieder, ihre Wärme an die Wasserblase abgebend. — Diese Einrichtung hat aber den Nachteil, daß man 2—3 Stunden heizen muß, ehe das Zimmer die zum Baden nötige Temperatur erlangt, während das Wasser in der Blase schon zum Sieden gelangt ist und die Dämpfe in die Wanne ausströmen.

Anm. Vor Beginn der Heizung hat man sich zu überzeugen, ob die Blase ganz gefüllt ist, weil sonst die Lötung schmilzt. Dies geschieht, indem man den Hahn des Verbindungsrohres öffnet, so daß der Wasserdruck etwas Wasser in die Wanne treibt. Ist nämlich die Blase infolge Verdampfens zum Teil leer, so wird, wenn ein Luftventil fehlt, die Blase vom äußern Luftdruck zusammengedrückt.

Außer den Badeöfen mit Kachelmantel sind auch solche von Gußeisen in Gebrauch. Weil aber die Verbrennungsprodukte die Wasserblase von außen umspülen, so haben diese Öfen den Übelstand, daß das Zimmer in kurzer Zeit übermäßig heiß wird, und zwar ehe noch das Wasser die richtige Bade-Temperatur erlangt hat.

Öfen, welche die Vorteile beider vorgenannten verbinden, konstruiert man wie die Cylinderöfen für Wasserheizung ganz aus Kupfer oder Eisenblech (Taf. 55). Im Sockel befindet sich die Einfeuerung mit Aschenfall. Der Brennraum ist mit Chamotte ausgefüttert und die Verbrennungsprodukte ziehen in dem mittleren vertikalen Rauchrohre nach dem Schornstein ab. Diese Öfen sind jetzt fast überall in Gebrauch, denn sie erwärmen im Winter das Badezimmer ausreichend, und im Sommer kann man das erwärmte Wasser, sobald es die richtige Bade-Temperatur erlangt hat, in die Wanne ablassen, und da an dessen Stelle kaltes Wasser in den Cylinder eintritt, hört die Einwirkung des Ofens auf die Lufttemperatur sofort auf. Die vom Wasser verdrängte Luft und etwaige Dämpfe ziehen durch das Sicherheitsrohr ab.

Die Brause über die Badewanne kann in 2,2 m Abstand vom Fußboden der Wanne und in beliebig reicher Anordnung angebracht werden. Die fein durchlöcherte Platte, durch welche die Wasserstrahlen hinabfallen, wird von Kupfer- oder Messingblech angefertigt, um das Zurosten der Löcher

1) Vergl. auch Taf. 57.

2) Die Einströmung des kalten und warmen Wassers bringt man dicht über dem Boden der Badewanne an und sorgt dafür, daß beim Einfüllen immer etwas kaltes Wasser, etwa 8 cm hoch, den Boden bedeckt, damit das Badezimmer beim Einströmen des heißen Wassers sich nicht mit Dämpfen füllt.

zu vermeiden, und soll nur so groß gewählt werden, daß die Wasserstrahlen sich nicht über den Rand der Wanne verbreiten können. (Vergl. Taf. 55.)

Anm. Badeöfen neuer Konstruktion sind: 1) Der Badeofen von **Riemann** in Berlin (D. R. P. Nr. 5823). Bei diesem wird mit geringer feuerberührter Fläche die Wirkung der Stichflamme ausgenutzt.

2) Der Badeofen mit Ventilation von **C. Kneipp** in Berlin. Er hat eine Ummantelung, welche bestimmt ist, die strahlende Wärme durch ein Abzugsrohr zwischen Ofen und Mantel abzuführen, während dieselbe im Winter durch Schieberstellung zur Erwärmung des Baderaumes benutzt werden kann. Direkter Druck aus der Leitung ist bei der Konstruktion vermieden, statt dessen befindet sich über dem Ofen ein Reservoir mit Schwimmkugelhahn zur Regulierung des Wasserzuflusses. — Die Hähne zum Einleiten des Wassers sind direkt an der Badewanne angebracht: die Anlage empfiehlt sich also für Mietswohnungen, da die Badeeinrichtung wie ein anderes Möbel fortgeschafft werden kann, um sie in einer neuen Wohnung aufzustellen.

§ 10.

IV. Anlage der Klosetts mit Wasserspülung.

Neben den Bade-Einrichtungen bilden die Klosetts mit Wasserspülung ein wesentliches Förderungsmittel der Bequemlichkeit und — sofern die Grundsätze der Gesundheitslehre dabei erfüllt werden — auch der Reinlichkeit in den Wohngebäuden. Hierbei kommt es in erster Linie auf eine praktische und fehlerfreie Installation an. In zweiter Linie haben auch die Hausbewohner für gehörige Instandhaltung der Anlage Sorge zu tragen, wenn sich dieselbe als segensreiche Eigenschaft bewähren soll. Endlich ist die eminent wichtige Frage dabei zu erledigen: wie ohne erhebliche Belästigung der Bewohner große Mengen von Abfallstoffen schnell aus dem Bereich der Wohnstätten entfernt werden können.

Das letztere aber ist erfahrungsmäßig sicher und bequem nur durch Herrichtung einer entsprechenden Kanalisation zu erreichen, denn die bisher üblichen Abtrittsgruben sind häufig undicht, infizieren den Untergrund, verschlechtern das Brunnenwasser und verpesten die Luft, sämtlich Übelstände, welche geeignet sind — namentlich im Sommer — den Gesundheitszustand der Menschen stark zu beeinträchtigen. Wie belästigend endlich die nächtliche Abfuhr der Exkremente aus den Gruben für die Bewohner ist, bedarf hier kaum der Erwähnung.

Die Abführung der Klosettwasser aus dem Bereich der Wohnungen muß schnell geschehen, damit nachteilige Ausdünstungen sich nicht entwickeln können; denn die Fäkalien gehen nur dann in Fäulnis und Gärung über, wenn sie in größeren Quantitäten der Ruhe überlassen bleiben. Um dies zu vermeiden, sind die Einrichtungen so zu treffen:

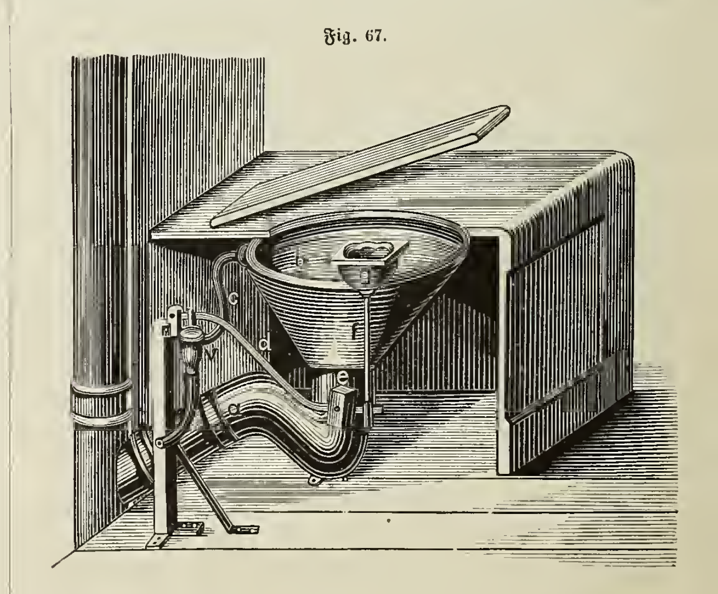
a) daß diese Stoffe direkt durch Röhren mit Wasserverschluß (Syphon, Trape) abgeleitet werden und nicht in Senkgruben oder Senkkästen gelangen können (Kanalisation);
b) daß die Möglichkeit einer Verstopfung der Röhren vorgebeugt wird;
c) daß die Röhren der Einwirkung des Frostes nicht ausgesetzt sind.

ad b) Die Verstopfung wird verhindert, wenn alle scharfen Biegungen der Abflußleitung vermieden werden, denn hier pflegen die Sinkstoffe gern zu haften und sich anzusammeln. Ist die Biegung aber nicht zu vermeiden, so lege man an diese Stelle von vornherein eine Reinigungs-Öffnung an. Derselbe Fall tritt ein, wenn die Abflußrohre ungenügenden Fall haben. Hier wird, wenn die Neigung viel flacher als 45° ist, an der Reinigungsstelle ein direkter Wasserzufluß vorzusehen sein.

Endlich ist bei der Benutzung das Einschütten unlöslicher Stoffe (Müll, Kehricht, Lumpen) sorgsam zu vermeiden; auch darf man mit dem Wasserzufluß nicht zu ökonomisch zu Werke gehen. In Hospitälern, Gasthöfen, Eisenbahnretiraden findet man daher Einrichtungen mit selbstthätiger oder kontinuierlicher Wasserspülung, weil hier auf den guten Willen der Besucher nicht gerechnet werden darf.

Konstruktion der Klosetts. I. Zur Aufnahme der Exkremente dient ein Becken oder Trichter b, von emailliertem Eisenguß, Fayence, Porzellan, welches bei den gewöhnlichen Klosetts (Fig. 67) mit einfachem Ansatzstutzen

Fig. 67.



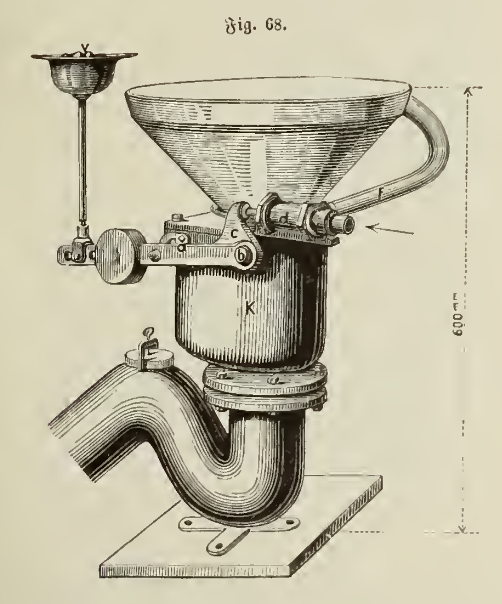
versehen ist. Dieser mündet in den syphonähnlichen Wasserverschluß, dessen geneigter Schenkel a in das 100 mm weite Abflußrohr mittels Muffenverbindung eingeführt ist. Um den Wasserverschluß immer gefüllt zu halten und die Spülung beim Gebrauch mühelos bewirken zu können, mündet im oberen Teil des Beckens dicht unter dem Rande der

Schale ein Wasserzuflußrohr c tangential zur Beckenhöhlung ein. — Will man Wasser zuströmen lassen, so hat man den in einer Messingschale g geführten Handgriff emporzuheben, wobei seine Verlängerung über eine gekrümmte, durch das Gewicht e belastete Ventilstange greift, die sich an ihrem oberen Ende in einem Scharnier dreht. Hierbei wird das Ventil v geöffnet und das Wasser strömt durch das Rohr c in das Klosettbecken ein. Nach Loslassen des Handgriffs schließt das Gewicht e das Ventil wieder und der Zufluß hört auf.

Der Preis eines derartigen Klosetts mit Holzgestell und sämtlichem Zubehör beträgt 45 Mark.

II. Ein Übelstand dieser einfachen Klosetts besteht darin, daß das Austreten von Gasen aus der im unteren Teil des Beckens stehenden Flüssigkeit nicht vermieden ist. Dies wird erreicht durch die Klosetts I. Klasse (Fig. 68). Bei

Fig. 68.

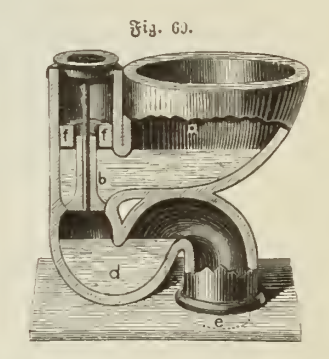


diesen besteht das Becken (cuvette) aus Porzellan, und es wird der Trichter unterhalb durch eine bewegliche kupferne Schale abgeschlossen, welche sich in einem gußeisernen Klappentopf K um die Achse a bewegt. [1]) Dieser Verschluß ist vollkommen sicher: denn solange die Klappe dicht schließt, wird das darüber stehende Wasser das Austreten von Gasen in die Cuvette verhindern. Zur Vermeidung von Schlägen ist außerdem ein Gummipuffer angeordnet. In dem Sinne aber, wie der Handgriff v angehoben und die Klappe durch den Hebel abwärts bewegt wird, drückt auch die, an den Hebel angegossene, Nase c gegen die Ventilstange, das innerhalb befindliche Spiralfeder-Ventil wird also geöffnet und es tritt durch das Bleirohr f Spülwasser in den hohlen Rand der Cuvette ringsum ein. Läßt man den Handgriff v los, so schließt sich die Klappe und das Ventil, letzteres durch Federdruck, um den Rückschlag zu vermindern. — Unter dem Klappentopf setzt mit Flantschenverbindung ein eiserner Syphon mit Reinigungsdeckel an, so daß der Geruchverschluß stets ein doppelter ist.

Der Preis eines derartigen Klosetts I. Klasse mit Klappschale und Wasserverschluß beträgt komplett exkl. Holzgestell 38 Mark. Ein Holzgestell von Mahagoni kostet 48 Mark.

III. Beliebt sind sodann in neuerer Zeit wegen ihrer Sicherheit die „Jennings-Klosetts". Fig. 69 zeigt dies Klosett in Ruhe. Die Schale a ist mit Wasser gefüllt und der Abfluß ist durch einen am unteren Ende mit Gummi oder Leder bezogenen Kolben b geschlossen, der oberhalb bei e mit einem Handgriff versehen ist.

Fig. 69.

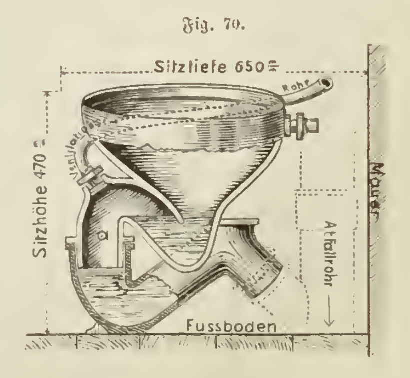


Zieht man bei der Benutzung den Kolben in die Höhe, so gelangt der in der Schale befindliche Inhalt in den darunter liegenden Wasserverschluß d und von dort in das Abflußrohr e. Über dem Kolben befindet sich ein ringförmiger Schwimmer f; dieser schließt das Ventil, durch welches das Wasser zuströmt, sobald das letztere in a eine bestimmte Höhe erreicht hat. Sobald andererseits der Kolben angezogen wird und das Wasser aus der Schale abfließt, sinkt der Schwimmer f und öffnet das Ventil so lange, bis der normale Wasserstand erreicht ist.

IV. Das Exakt-Klosett von Butzke & Komp., Berlin. Vergl. D. R. P. Nr. 48601, im Prinzip dem Jennings-Klosett verwandt.

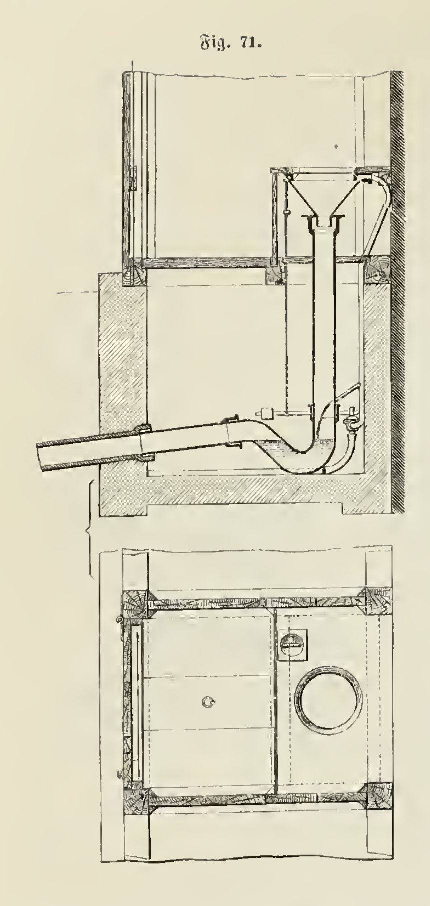
V. Einen permanenten doppelten Wasserverschluß gewährt auch das Berliner Sanitäts-Klosett von O. Phennigwerth (Fig. 70). Der Rückstau der Gase in den Klosettraum wird hierbei sehr erschwert, wo nicht unmöglich gemacht, und eine Ansammlung derselben in dem zwischen den beiden Wasserspiegeln gelegenen Raume a wird vermieden durch ein Ventilationsrohr, welches nach dem nächsten Abzugskanal zu leiten ist.

Fig. 70.



Eine angemessene Sitzbreite für Klosetts ist 0,90 m.

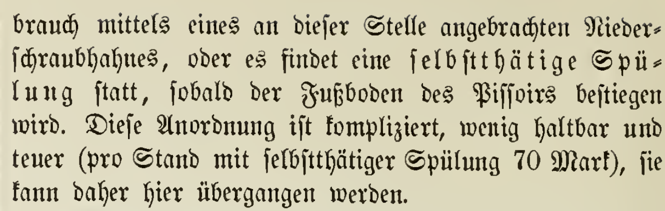
1) Vergl. auch: Klimax-Klosett von Demarest in New York. „Rohrleger" 1879, S. 176.


Fig. 71.

Hof-Klosetts. Infolge Beseitigung der Abtrittsgruben ist es notwendig, auch auf jedem Hofe ein oder mehrere Hofklosetts anzubringen. Ein solches stellt Fig. 71 dar, wobei zu beachten ist, daß sowohl der Wasserverschluß (Trape) als auch der Wasserzuflußhahn mit dem Steigerohr gegen Einfrieren geschützt werden müssen. Man legt daher beide in eine möglichst gut abgedeckte Grube und mindestens 1,25 m unter Terrain. Die Ventilstange mit Gegengewicht wird dabei in ähnlicher Art, wie oben beschrieben, angeordnet. Das vom Klosetthahn in das Klosettbecken mündende Rohr muß nach erfolgter Spülung sich selbst von Wasser entleeren, wozu das kleine Rohr dient, welches vom Steigerohr in das Abflußrohr führt. Die Öffnung dieser Klosetts soll nach hiesiger Polizeivorschrift nur 70 mm betragen; das Abfallrohr erhält, wie gewöhnlich, 100 mm lichte Rohrweite. Häufig läßt sich neben dem Klosett mit Vorteil ein Pissoirbecken anordnen, dessen Ablauf ebenfalls in die Pissoirgrube, oberhalb des Trape, eingeleitet werden kann.

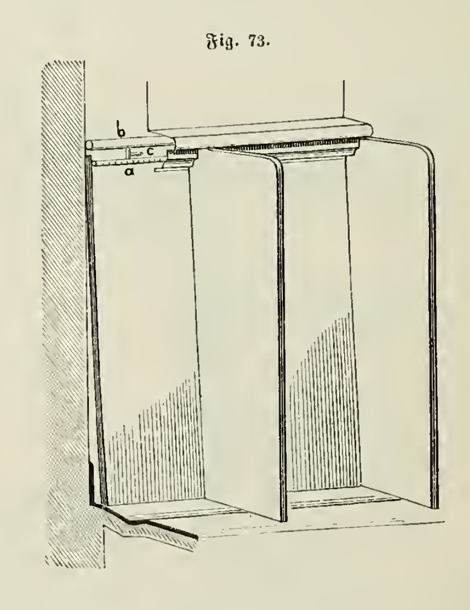
Fig. 72.

Die Pissoirs in öffentlichen und Wohngebäuden bildet man häufig in Form von Porzellanbecken aus mit Spülung von oben her und mit Abfluß von unten. Fig. 72 zeigt eine der gebräuchlichsten Formen solcher Becken. Die Lappen l dienen zur Befestigung der Becken an der Wand; m ist der aus Bleirohr gebogene Wasserverschluß, und die Zuführung des Wassers erfolgt oberhalb bei o entweder kontinuierlich oder nur nach erfolgtem Ge-


brauch mittels eines an dieser Stelle angebrachten Niederschraubhahnes, oder es findet eine selbstthätige Spülung statt, sobald der Fußboden des Pissoirs bestiegen wird. Diese Anordnung ist kompliziert, wenig haltbar und teuer (pro Stand mit selbstthätiger Spülung 70 Mark), sie kann daher hier übergangen werden.

Bei voraussichtlich starker Frequenz der Retiraden, wie auf Bahnhöfen und in öffentlichen Bedürfnisanstalten, werden Pissoirs mit kontinuierlicher Wasserspülung am besten in der Art ausgeführt, daß man die Frontwände etwa 1,25 m hoch mit geschlossenen Schiefer- oder Marmorplatten bekleidet und über diesen ein horizontales Wasserleitungsrohr anbringt, welches an der Vorderseite mit Löchern versehen ist (Fig. 73). Dieses Rohr wird mit Zinkblech so

Fig. 73.



umkleidet, daß das aus dem Rohre durch kleine Öffnungen ausströmende Wasser gegen die äußere Zinkbekleidung spritzt und von dieser an die Schieferplatten geleitet wird, so daß es daran herabrieselt. So weit die Urinwand reicht, wird im Fußboden eine aus Ziegeln gemauerte und wie der Fußboden mit Asphaltbelag versehene Rinne angebracht. An der Wand muß wenigstens 10 cm hoch ein Asphaltstreifen gezogen werden. Übrigens erhält die Rinne Längsgefälle, ebenso der Fußboden nach der Rinne hin, damit alle Feuchtigkeit in die letztere abgeführt werde.

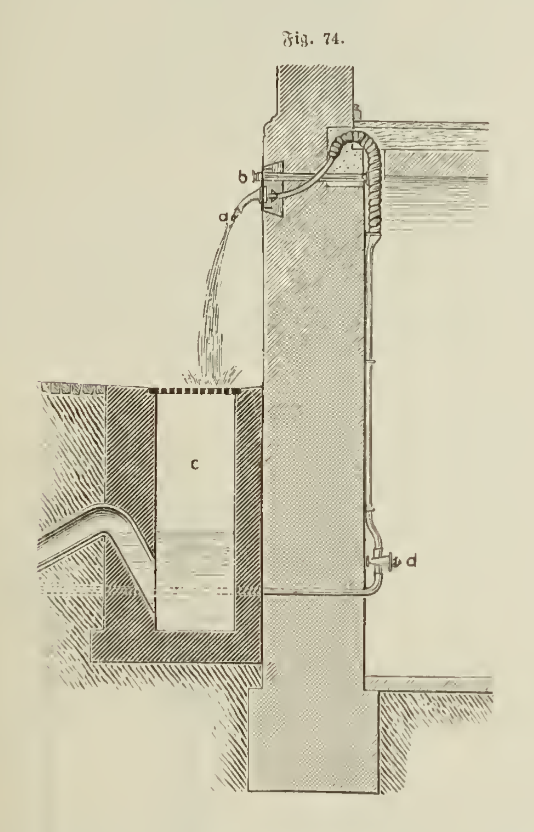
Während der Nachtstunden, wo eine Benutzung der Pissoirs nicht stattfindet, läßt sich der Wasserzufluß absperren. Das Verteilungsrohr a steht nämlich durch vertikale Zuleitungen mit dem Hauptzuflußrohr b in Verbindung, und in die vertikale Zuleitung ist ein Niederschraubhahn eingesetzt, dessen Hahnenkegel in einen Vierkant c ausmündet, welcher die Zinkbekleidung durchdringt und von außen mit einem Schlüssel reguliert resp. abgestellt werden kann.

§ 11.
Ausflußvorrichtungen im Freien.

Die Anlage von Ausflußvorrichtungen im Freien erfordert allemal die sorgfältigste Überwachung, wenn sie dauerhaft und brauchbar angelegt werden soll, und würde ein Brunnen, bei welchem das nach der Benutzung im vertikalen Rohre stehende Wasser vor der schädlichen Einwirkung des Frostes geschützt ist, den Vorzug verdienen, wenn die Anschaffungskosten nicht sehr erhebliche wären. (Die Aufstellung derartiger Brunnen ist später zu besprechen.)

I. Als Ersatz des Hofbrunnens ist in Fig. 74 die einfache Vorrichtung eines Zapfhahnes auf dem Hofe dargestellt, welcher auch im Winter genügend gegen Einwirkung des Frostes geschützt werden kann. Die Zuführung

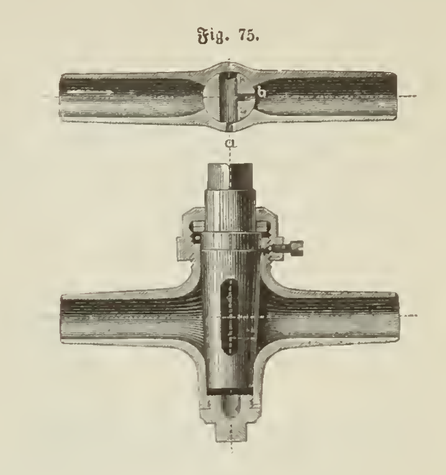
Fig. 74.



besteht aus Bleirohr von 20 mm lichter Weite, welches da, wo es durch die Fundamentmauer geht, nicht flacher als 1,5 m unter der Oberkante des Pflasters gelegt werden soll, weil gerade an dieser Stelle die Röhren leicht einfrieren. — Wird das Rohr durch Lokalitäten geführt, welche dem Frost zugänglich sind, so muß in der Leitung der Entleerungshahn d eingeschaltet werden, welcher bei Eintritt der Nacht gestattet, die Röhren zu entleeren, denn bei Tage friert das Wasser nicht leicht ein, weil es in Bewegung bleibt.

Anm. Fig. 75 zeigt Durchschnitt und Grundriß eines solchen Hahnes in $^1/_3$ der Naturgröße. Im Durchschnitt ist zu ersehen, daß der Hahn gegen die Hauptleitung (welche sich auf der linken Seite befindet) geschlossen ist. Die seitliche Bohrung im Hahnenkegel bei b ist gegen die gefüllte Hausleitung gerichtet, und die Bohrung des Hahngehäuses bei a gestattet ein langsames Austreten des in der Haus-

Fig. 75.



leitung befindlichen Wassers, welches entweder in den Boden oder in einen besonderen Behälter oder Kanal abfließt. Diese Bohrung macht man im ersten Falle nicht weiter als 3 mm. Der Hahn ist mit einer aufgeschraubten Kappe versehen, welche das Herauswerfen desselben durch den Wasserdruck verhindert. — Um Verwechselungen zu vermeiden, sind die Wege der Öffnungen im Hahn auf dessen Vierkant so eingeschnitten, daß sie den Wasserstrom markieren.

Vom Entwässerungshahn aus ist das Rohr bis zu der Höhe emporgeführt, in der die Ausflußvorrichtung anzubringen ist. Hier wird nun ein Niederschraubdurchgangshahn eingelötet und so befestigt, daß er mittels eines Schlüssels b vom Hofe her geöffnet und geschlossen werden kann. Sobald der Hahn geschlossen ist, entleert sich das kurze, abwärts geneigte Ausflußrohr a und kann daher nicht einfrieren. Der innerhalb liegende Teil des Zuflußrohres wird, wenn das Lokal nicht erwärmt ist, mit Filz oder Tuchbändern umwickelt, und ein Holzkasten dient zum Schutze gegen Beschädigung des Bleirohres. Ist der Raum so kalt, daß man ein Einfrieren der Röhren befürchten kann, so muß bei strenger Kälte des Nachts der Abschlußhahn geschlossen werden, wobei gleichzeitig die Entleerung vor sich geht.

Unter der Ausflußöffnung a (Fig. 74) ist im Holzpflaster ein sogenannter Brunnengullie c anzulegen. In diesen darf nur Wasser ausgegossen werden, Kehricht ist streng davon abzuhalten, um Verstopfungen zu vermeiden, denn es wird bei starkem Regen ohnehin mancher fremde Stoff hineingerissen, der sich dort absetzt. Zu diesem Zweck dient die Vertiefung des Schachtes. Der Abfluß des Wassers nach der Kanalisationsleitung geschieht durch ein heberähnliches Thonrohr, wobei das Austreten schädlicher Gase aus den Kanälen verhindert wird.

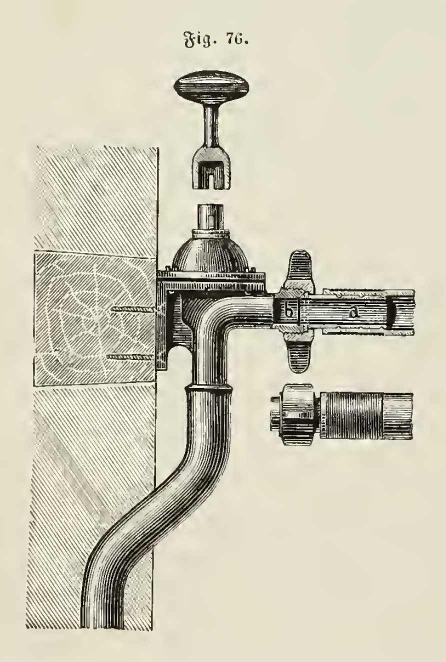
II. Anlage der Feuerhähne und Sprenghähne. Fabriken, in welchen leicht brennbare Stoffe lagern

oder Maschinen und Apparate sich befinden, deren Beschädigung durch Feuer bedeutende Verluste hervorruft, bedürfen der Anlage von Feuerhähnen. Dasselbe gilt für die Haupt-Korridore der Theater-, Börsen- und sonstiger zur Ansammlung von Menschen bestimmter Gebäude. Auch Museen und Sammlungen werden, selbst wenn sie feuersicher errichtet sind, derselben nicht entbehren können.

In Fabriken und großen öffentlichen Gebäuden wähle man die Röhren und Hähne nicht unter 50 mm weit; für Wohngebäude genügt in der Regel eine Zuführung von 25 mm weitem Bleirohr, es sei denn, daß mehrere Hähne sich an diesem Rohr in Thätigkeit befinden.

Was die Anbringung der Feuerhähne anlangt, so sollen dieselben jederzeit zugänglich sein, also nicht versteckt, auch nicht im Winkel der Räume liegen. In unmittelbarer Nähe derselben sind die Schläuche aufzubewahren, und zwar derartig gerollt, daß sie ohne Mühe an den Hahn geschraubt werden können. — Rohre und Hähne sind in solche Lage zu bringen, wo sie vor Frost geschützt sind.

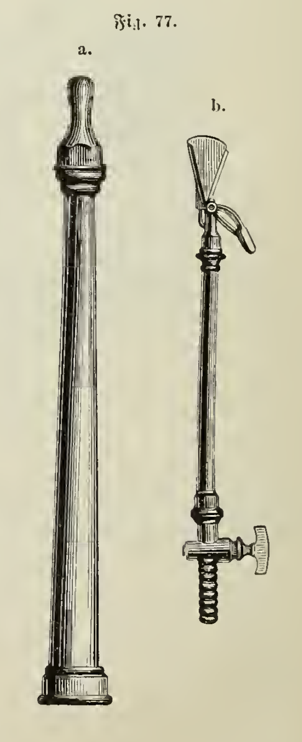
Fig. 76.



Die Schläuche sollen nicht nur transportabel sein, sondern auch nach allen Richtungen gekrümmt werden können. Man verwendet dazu Gummi-[1]), Leder- und Hanfschläuche. Lederschläuche sind sehr teuer, wenig in Gebrauch und werden entweder aus Lederstreifen zusammengenäht oder genietet. Hanfschläuche bestehen aus einem dichten Gewebe von Hanf und werden in rohe und präparierte unterschieden. Letztere sind innen mit Kautschuk gedichtet, nachdem der Hanf vorher in Gerbsäure gekocht wurde. Sie werden in Weiten von 25—77 mm gefertigt. Empfehlenswert sind die gummierten Hanfspiralschläuche von Franz Clouth in Nippes bei Köln. Sie sind auf 10 Atmosphären geprüft.

Verbindung der Schläuche. Um das Ende eines Schlauches mit dem betreffenden Röhrenstück eines Feuer- oder Sprenghahnes zu verbinden, wird der Schlauch an dieser Stelle mit einem messingenen Rohrstück a versehen, auf dieses das Schlauchende hinaufgezogen und mit Messingdraht festgebunden, wie Fig. 76 in Ansicht und Durchschnitt zeigt. Bevor dies geschehen ist, wird auf den Schlauch eine Mutter gezogen, die sich frei auf dem Ende des Schlauches mit Rohrstück drehen läßt. Die Mutter ist außen kreisförmig und mit zahnähnlichen Vorsprüngen versehen, um sie leicht drehen zu können, und zwar zunächst mit der Hand. An der unbeweglichen Röhre b ist ein äußeres Gewinde angeschnitten, über welchem sich die genannte Mutter festschraubt. Die übrige Anordnung des Feuerhahnes bedarf kaum der Erläuterung. Der messingene Hahnenkörper ist gegen einen eingemauerten Dübel mit Schrauben befestigt und das untere vertikale Zuflußrohr wird in das Bleirohr in bekannter Weise eingelötet; den Wasserzufluß regelt ein Niederschraubhahn, der mittels Schraubenschlüssel in Thätigkeit gesetzt werden kann.

Fig. 77.



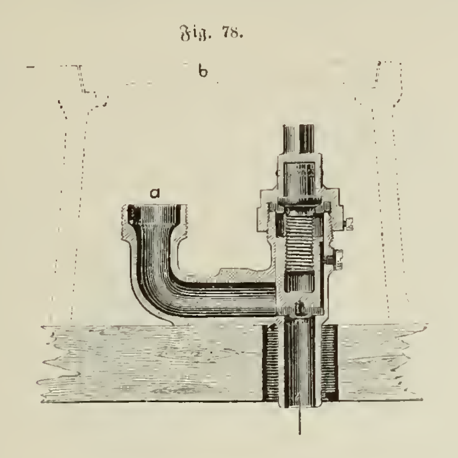
An dem freien Ende des Schlauches wird ebenfalls und in der oben beschriebenen Weise ein messingenes Rohrstück befestigt und an dieses das sogenannte Stahlrohr (Fig. 77) festgeschraubt. Bei Gartenspritzen wird meistens das untere Ende des Stahlrohres mit einem besonderen Hahn versehen und am oberen Ende ein beweglicher Löffel angebracht, welcher den gebundenen Wasserstrahl brausenförmig zerstäubt. (Vgl. Fig. 77 b.)

Die in Fig. 65 dargestellte Vorrichtung kann auch als **Sprenghahn** für Gärten oder Höfe dienen, doch ist dabei zu beachten, daß man vor Eintritt des Zuführungsrohres in den Hof, resp. Garten einen Ent-

[1]) Der Gummi kommt in bester Qualität aus Para und Carthagena in Südamerika und wird aus dem Saft verschiedener Syphonia-Arten gewonnen. Wesentlich verschieden davon ist die Guttapercha von dem ostindischen Baume „Isonandra Gutta"; sie ist nicht elastisch und bei gewöhnlicher Temperatur hart. Röhren aus Guttapercha werden wie die Bleiröhren gepreßt, indem man die erweichte Masse durch eine ringförmige Öffnung hindurchdrückt.

wässerungshahn anzubringen hat, um im Winter die Röhren entleeren zu können. Von diesem Hahn aus müssen die Röhren konstant steigen, damit Wasser in denselben nicht zurückbleiben kann. — Wo aber die Befestigung an der Wand oder an kurzen Holzpfählen nicht anzubringen ist, da muß man eine Art von Hähnen (Fig. 78) anwenden,

Fig. 78.



welche ganz in die Erde eingegraben sind und erst nach Öffnung einer eisernen Kappe zugänglich werden. Der Schlauch wird dann an das freie Rohrende a geschraubt, oder es wird zunächst ein heberartig gebogenes Standrohr aufgeschraubt und an dieses der Schlauch befestigt.

§ 12.

Ausführung der Hausanschlüsse an die Kanalisation.

Zur Aufnahme und schnellen Abführung der Abfallstoffe aus dem Bereich der Wohnungen (§ 10) ist ein Kanalnetz erforderlich, welches diese entweder in ein vorüberfließendes Gewässer oder in ein Sammelreservoir leitet, aus dem sie mittels Pumpen nach den Rieselfeldern gedrückt werden. — Ein solches Kanalnetz besteht aus gemauerten Kanälen eiförmigen Profiles und aus Thonrohrleitungen, die zweckmäßig unter dem Fahrdamm der Straßenzüge angeordnet und so bemessen sein sollen, daß sie

1) das Regenwasser (10 mm Regenhöhe per Stunde);
2) sämtliche Hauswässer, d. h. etwa 80 l per Kopf in 24 Stunden, und
3) alle Exkremente in flüssiger und fester Form aufzunehmen im stande sind.

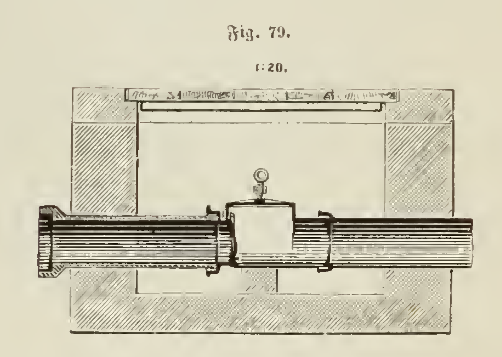
Die Regenwässer und das Wasser des Hofbrunnens müssen durch Gullies mit Wasserverschluß abgeleitet werden. Vergl. Fig. 74 (Hofgullie). — Dagegen sind alle Abfallstoffe, welche in Fäulnis übergehen, direkt durch Röhren mit Wasserverschluß (Trape) abzuleiten und nicht in Senkgruben (Sinkkasten) zu führen.

Grundleitung. Zunächst ist die Sohlenhöhe des Hausanschlußrohres festzustellen. Ist die Höhenlage des Einlaßstückes bekannt und ordnet man den entferntesten Wasserverschluß frostfrei an, so ergiebt sich das Gefälle der Grundleitung. Dasselbe soll von der Einmündung in das Straßenrohr bis zum fernsten Wasserverschluß ein möglichst gleichmäßiges sein.

In Berlin wird für jedes an die Kanalisation anzuschließende Grundstück die Höhenlage des durch Polizeiverordnung vorgeschriebenen metallnen „Wasserschlusses" der Hausleitung von der Behörde bestimmt und die Verbindung desselben mit dem Straßenrohr von der Bauverwaltung auf Kosten des Besitzers bewirkt. Der erwähnte Verschluß soll den Rückstau des Wassers aus den Kanälen hindern; er muß in einer gemauerten, jederzeit zugänglichen Grube, der „Inspektions-Grube" liegen, welche bei großer Tiefe mit Steigeeisen zu versehen ist. Fig. 79 giebt den Durchschnitt der Grube und des metallnen Rohres mit Klappe, welche auch auf Taf. 57 angedeutet und durch den Buchstaben f bezeichnet ist.

Fig. 79.

1:20.

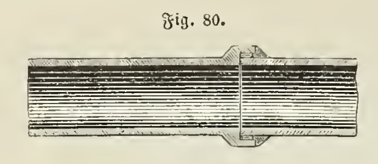


Sobald die Sohlenhöhe des Hauswasserverschlusses bestimmt ist, kann an die Ausarbeitung des Projektes gegangen werden und sind damit jedenfalls solide und bewährte Unternehmer zu betrauen. Auch bei Ausführung der Grundleitung, welche die Abflußwässer zur Inspektionsgrube führt, ist mit großer Genauigkeit vorzugehen. Die Anlage geschieht in Thonrohr oder in Eisenrohr, doch dürfte Thonrohr im ganzen vorzuziehen sein. Hierbei kommt der Umstand in Betracht, ob für die Grundleitung mindestens 25 cm Deckung von der Rohroberkante bis zum Kellerpflaster vorhanden sind; ist dies der Fall, so verwende man Thonrohr, sonst Eisenrohr.

Ausführung. a) Kommt Eisenrohr zur Verwendung, so ist dasselbe innen und außen durch einen Asphaltüberzug vor dem Rosten zu schützen. — Die Verbindung der Rohre geschieht durch Muffen, seltener durch Flanschen, und die Dichtung der Muffenfolge erfolgt bis zur halben Tiefe mit locker gedrehten Hanfstricken, sogenannten „Lunten". Der obere Teil wird durch heißflüssiges Blei, das man eingießt, gefüllt und dieses durch Stemmen mit dem sogenannten „Bleisatz" festgetrieben. Aus diesem Grunde erhält die Muffe einen besonderen Verstärkungsring. — Die Verdichtung geschieht meist in den Röhrengräben.

b) Das Abdichten der Thonrohrstränge geschieht in ähnlicher Weise. Die Rohre werden fest ineinander geschoben, so daß das Schwanzende des einen Rohres fest auf den Grund der Muffe des anderen paßt. Dann wird die

Fig. 80.



Muffenfuge wiederum bis zur halben Tiefe mit Teerstrick, den man mit dem Stricheisen (Stricksatz) eintreibt, gefüllt und der übrige Teil mit fettem Ton gefüllt, auch vor der Muffe verstrichen, wie Fig. 80 zeigt. — Bei derartig sorgfältiger Ausführung können die Kanalwässer nicht durch die Muffen versickern und den Untergrund infizieren.

Alle seitlich zutretenden Einläufe werden durch Anwendung von Thonrohr-Abzweigungen bewirkt, welche niemals rechtwinklig, sondern schräg oder bogenförmig in die Grundleitung einzuführen sind, um dem Zufluß die Richtung des Gefälles zu geben.

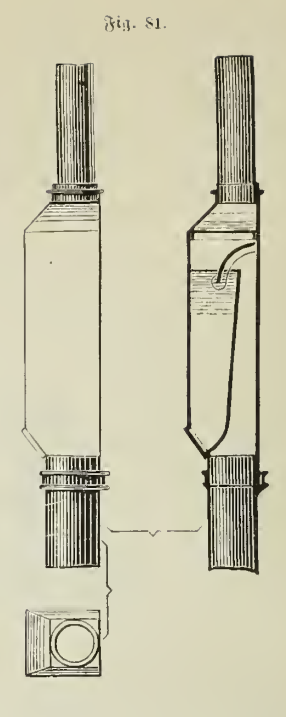
Mit der so hergerichteten Grundleitung werden sämtliche aus dem Hause kommenden Abflüsse verbunden und gilt bei Anordnung derselben der Grundsatz, daß die Regenabfallröhren, der Brunnengullie (Fig. 74 c) und der etwa vorhandene Regeneinlauf des Hofes (Hofgullie) direkt angeschlossen werden. Regenabfallröhren können auch in einen vorhandenen Gullie eingeleitet werden (Taf. 57).

Dagegen erhalten, wie in den vorhergehenden Paragraphen angezeigt wurde, alle anderen Zuleitungen, als da sind Wasch-, Bade-, Küchen- und Klosettwässer-Zuleitungen, gleich zu Anfang einen Wasserverschluß in Gestalt eines Trape, um die Lokalitäten, in denen die Ausgüsse sich befinden, vor dem Austreten schädlicher Gase zu schützen. Ferner soll an allen solchen Stellen ein Ausflußhahn vorhanden sein, um die Spülung bewirken zu können. — Da diese Konstruktionen eingehend durch Zeichnung erläutert worden sind, erübrigen uns nur einige Worte über den Anschluß der Regenrinnen.

Der Anschluß der Regenabfallrohre in den Höfen erfolgt direkt an die Grundleitung und von den Fassaden an das Straßenrohr. Diese Rohre werden, soweit es angeht, zur Ventilation der Kanalisationsrohre benutzt. Endigen dieselben jedoch unter den Dachfenstern einer Mansarde, so darf dies nicht geschehen, weil die austretende Kanalluft der Gesundheit höchst nachteilig werden kann; solche Röhren sind daher mit einem Wasserverschluß zu versehen.

Fig. 81 stellt einen derartigen Verschluß in Ansicht und Durchschnitt dar, welcher in Berlin im Anschluß an die Kanalisation in Thätigkeit ist und sich bewährt haben soll. An den Syphon schließt sich ein gußeisernes Abflußrohr mit Muffenverbindung an und daran ein Knie, das durch einen Thonrohrstrang mit dem Straßenkanal verbunden wird. Die auf den Höfen befindlichen Regenabfallrohre werden mit der Hausanschlußleitung verbunden (Taf. 57).

Fig. 81.



§ 13.

Anwendungen.

In den Paragraphen 6 bis 9 sind die Konstruktionsmethoden behandelt worden, welche bei einer ausgedehnten Versorgung der Gebäude mit Wasser zur Anwendung kommen. Auch die Grundsätze wurden erörtert, nach denen die regelrechte Abführung der Verbrauchswässer zu bewirken ist. Die vorgetragenen Lehren liefen aber erst dann ein allgemein verständliches Bild für den Leser, wenn derselbe in der Lage ist, die einzelnen Konstruktionen in ihrer Verbindung mit dem Gesamtorganismus des modernen Wohngebäudes zu betrachten. Diesen Einblick gewährt uns die Darstellung auf Taf. 57, welche Durchschnitt und Hofansicht eines zweietagigen herrschaftlichen Wohngebäudes veranschaulicht. Dasselbe ist ein Eckhaus mit anschließendem Seitenflügel. Letzterer enthält im Erdgeschoß Stallung für drei Pferde und darüber im Zwischengeschoß die Wohnung des Kutschers. In der Hauptetage des Flügels wird das Badezimmer mit anschließendem Klosett ersichtlich, darüber das für die Dienerschaft eingerichtete Zwischengeschoß, welches durch eine kleine Treppe vom Korridor her zugänglich ist.

Zur Entnahme von Leitungswasser im Freien ist rechts von dem Einfahrtsthor ein Zapfhahn z angelegt, der insbesondere zur Reinigung und Besprengung des Hofes dient. Das Trinkwasser liefert ein tiefer Hofbrunnen, dessen Gehäuse zur Seite der Stallthür sichtbar wird.

Der Durchschnitt des Vorderhauses zeigt im Erdgeschoß die Anlage der Schlafräume mit Waschtoiletten-Einrichtung und den vom Korridor her zugänglichen Klosettraum. — Die Spülung des Klosetts geschieht hier durch ein besonderes Wasserreservoir, und der Zufluß zu diesem wird durch einen selbstthätigen Schwimmkugelhahn reguliert. Dadurch ist der Vorteil geboten, daß die Waschtoiletten- und Klosettanlagen nicht mit dem direkten Druck der Leitung gespeist und daher Hähne und Ventile mehr geschont werden. Auch im Vorderzimmer des Erdgeschosses ist eine Waschtoilette und nach

dem Hofe hin, um einige Stufen erhöht, ein Badezimmer angelegt. Der Badeofen ist aus Kacheln errichtet und mit kupferner Wasserblase versehen. Die erhöhte Lage des Fußbodens aber ist an dieser Stelle geboten durch die Anordnung besonderer Hofklosetts, wie solche gegenwärtig vielfach durch polizeiliche Vorschrift bedingt sind und im Anschluß an die Kanalisation hergerichtet werden müssen.

Diese Hofklosetts befinden sich in dem gewölbten Raume zur ebenen Erde, und anschließend an dieselben ist ein Pissoirbecken von Porzellan mit konstanter Wasserspülung angebracht. Die Geruchverschlüsse der Hofklosetts sind mit Reinigungsdeckeln versehen und in einem gegen Frost geschützten, tiefer liegenden Kellerraum untergebracht; im Keller liegt auch die Waschküche mit Ausgußbecken. Hier ist gleichzeitig der Wassermesser w aufgestellt. Der dicht anschließende Privathaupthahn k ermöglicht die Absperrung der ganzen Hauswasserleitung. Ein besonderer Absperrhahn t für die Leitung im Vorderhause befindet sich sodann unter dem Korridorpflaster, und der dritte Absperrhahn u liegt im Hofe zwischen dem Brunnenschacht und dem Hofgullie und dient lediglich zum Absperren der Leitung im Seitenflügel.

Als Wasserzuleitungsrohr ist im vorliegenden Falle bis zum dritten Abschlußhahn hin Gußeisenrohr von 40 mm Lichtweite, vom dritten Haupthahn ab dagegen 30 mm weites Bleirohr verwendet. Die aufsteigenden Wasserstränge, welche dicht neben den 10 mm weiten gußeisernen Fallrohren in Mauerschlitzen liegen, sind sämtlich aus Mantelrohren hergestellt.

Das zweite Rohrsystem oder die „Grundleitung" dient den Zwecken der Wasserabführung. Diese Leitung nimmt das Regenwasser, die Verbrauchswässer und die Fäkalien auf und ist aus Thonrohren von 16 cm Lichtweite hergestellt. In dieselbe sind eingeleitet:

1) Die Verbrauchswässer von zwei Etagen im Seitenflügel und die flüssigen Exkremente aus dem Pferdestall. Letztere sickern durch den Bohlenbelag hindurch, rinnen über das Klinkerpflaster in das mit Gitterverschluß versehene Pferdestallgullie, und aus diesem gelangen sie durch ein heberähnlich gebogenes, 10 mm weites Thonrohr in die Grundleitung.

2) Das Abflußwasser des Brunnens und das Regenwasser des Abfallrohres münden in das Hofgullie und werden bei f auf ähnliche Weise durch ein 10 mm weites Heberrohr an die Grundleitung angeschlossen.

3) Das Gebrauchswasser des Zapfhahnes z dringt durch die Spritzplatte direkt in ein Becken, dessen rohrähnliche Fortsetzung mit Syphonverschluß und Reinigungsdeckel versehen ist; dieses nimmt dann noch das Wasser der Regenrinne auf und mündet endlich in ein 13 cm weites Thonrohr, welches unter 45° an die Grundleitung angeschlossen ist. — Behufs Revision des Wasserverschlusses ist die Grube besteigbar gemacht und mit Eisenplatten lose abgedeckt. Um das Einfrieren zu vermeiden, muß der Syphon jedoch wenigstens 1,25 m tief unter der Pflastersohle des Hofes angelegt werden.

4) Der zweite vertikale Hauptstrang, an den die Hofklosetts anschließen, mündet im Punkt i in die Grundleitung.

5) Ein dritter vertikaler Strang endlich tritt bei b in die Thonrohrleitung ein. Dicht davor befindet sich die „Inspektionsgrube". Es mag erwähnt werden, daß die anschließende Grundrohrstrecke, da wo sie die Frontwand durchdringt, aus Gußeisen besteht und daß dieselbe bei r in das Straßenrohr der Kanalisation einmündet.

Für die Ventilation des Systems ist endlich in ausreichender Weise gesorgt, denn es sind nicht nur die Blechkanäle a, a als Fortsetzung der vertikalen Abfallrohre über Dach geführt, sondern es sind auch die Regenabfallröhren zur Lüftung der Gullies benutzt.

§ 14.

Die Wassermesser.

Die Konsumenten bezahlen ihren Wasserbedarf an die Wasserwerke nach einem sehr verschiedenen Modus. In einigen Städten ist der Tarif nach der Anzahl der Wohnräume (Hamburg), in anderen nach der Grundfläche der Etagen (Köln), oder nach dem Mietswert (Karlsruhe) beziehungsweise nach der Staats-Gebäudesteuer (Kassel), in anderen nach Familien (Dortmund) oder endlich nur nach dem Wassermesser festgesetzt. Die letzteren werden neuerdings mehr und mehr eingeführt und die anderen Tarifformen beseitigt, denn mittels der Wassermesser können kleine und große Wassermengen, welche durch den Apparat gehen, mit großer Sicherheit registriert werden.

Die Wassermesser zerfallen in zwei Systeme, in die Kolbenmesser und die Flügelmesser. Bei den ersteren tritt das Wasser in einen Raum, der von einem Kolben durchlaufen wird, und verläßt diesen wieder; die Anzahl der Kolbenhübe giebt die Menge des verbrauchten Wassers an.[1]) Mehr Eingang als diese haben die Flügelmesser wegen ihrer größeren Billigkeit gefunden. Bei diesen wird die Geschwindigkeit des durchgegangenen Wassers gemessen; sie sind ein- und zweiflügelige, d. h. in einem begrenzten Raume bewegen sich ein oder zwei Flügel, gegen die das eintretende Wasser stößt.

a) Wassermesser mit einem Flügel fabrizieren: Siemens & Halske in Berlin, Meinecke in Breslau und Spanner in Wien; b) Wassermesser mit zwei Flügeln fabriziert die Firma Leopolder in Wien.

1) Nach diesem System sind konstruiert die Wassermesser von Frost, Kennedy und Schmidt.

c) Der Englisch-Siemens'sche Wassermesser beruht, wie das Segner'sche Wasserrad, auf der Reaktion des aus einem Rade tangential austretenden Wassers. Derselbe ist also ein Reaktionsmesser und auf Taf. 56, Fig. 2—4 dargestellt. Dieses neue System wurde ursprünglich von Guest & Chrimes in Rotherham gebaut. Das Wasser tritt aus A (Fig. 2) durch ein Sieb in die hohle turbinenartige Trommel, strömt aus den gebogenen Kanälen C (Fig. 3) tangential in den unteren Raum D und von da in die Leitung. Die Achse des Rädchens führt durch die Stopfbüchse in einen teilweise mit Öl angefüllten Raum F. Durch mehrfache Übersetzungen, durch Schnecke und Schneckenrad wird die Umdrehung der Welle nach dem obersten vom Wasser abgeschlossenen Raume G übertragen und die Zählscheibe (Fig. 4) in Bewegung gesetzt. Die Registrierung geschieht durch vier Zeiger, nämlich den festen Zeiger a, unter welchem sich das übrige Zählwerk wegbewegt und durch eine Umdrehung einen Kubikmeter anzeigt, durch den großen Zeiger b, welcher die Zehner anzeigt, und die kleinen Zeiger c und d, welche die Hunderte und Tausende anzeigen. Die kleinste Teilung, welche der Zeiger a genau ablesen läßt, kommt 10 l, d. h. $^1/_{100}$ cbm gleich.

Die Bewegung der Trommel ist abhängig von der Druckhöhe und der per Sekunde hindurchgegangenen Wassermenge. Die Trommel läuft auf Stahlzapfen. —

Vor der Einströmung des Wassermessers ist noch ein Schlammsieb eingeschaltet.

Aus Fig. 1 dieser Tafel ist endlich (in Vervollständigung von Taf. 57) der Wassermesser a, der Privathaupthahn b und der unterhalb des Trottoirs mittels Schlüssels zugängliche Haupthahn der Wasserwerksverwaltung h zu ersehen; der Anschluß an die Straßenleitung ist mittels Sauger bewirkt.

§ 15.

Beschaffenheit und Entnahme des Wassers.

Das zum gewöhnlichen Haus- und Küchenbedarf erforderliche Wasser dient, wie bekannt, mannigfachen Zwecken der Reinigung, sodann aber auch zur Bereitung der Speisen und zum Trinken.

Bei der Benutzung zu groben Reinigungsarbeiten kann häufig Wasser verwendet werden, welches durch organische Bestandteile verunreinigt ist, so zur Straßenbesprengung und zum Spülen der Kanäle. Wenn dagegen eine gewisse Sauberkeit erreicht werden soll, muß man sich des reinen Wassers bedienen. Letzteres kann weiches oder hartes Wasser sein. Bei Anwendung der Seife zur Reinigung ist weiches Wasser dem harten vorzuziehen. Hart machende Verbindungen im Wasser sind: kohlensaure Magnesia, kohlensaurer Kalk, schwefelsaure Magnesia, Eisenoxyd. — Wasser, welches nur $^1/_{5000}$ Alkaligehalt besitzt, ist zu allen technischen Verwendungen geeignet.

Das Wasser zum Trinken und zur Bereitung der Speisen muß möglichst frei von mineralischen und besonders organischen Bestandteilen sein, wenn es nicht nachteiligen Einfluß auf die Gesundheit ausüben soll; es muß außer einer Temperatur von höchstens 10—12° C. auch noch einen gewissen Gehalt an Kohlensäure besitzen, um erfrischend und wohlschmeckend zu sein. — Regen und Schneewasser ist zwar nahezu chemisch rein, als Trinkwasser aber schmeckt es fade, nicht erfrischend.

Das Wasser der Quellen ist nach seiner Beschaffenheit verschieden; ein Gehalt an Kohlensäure und kohlensaurem Kalk macht es als Trinkwasser besonders geeignet.

Das Brunnenwasser, welches gewöhnlich dem Grundwasser entnommen wird, ist, je nach der Zusammensetzung der wasserführenden Schichten, die es bis zur Oberfläche durchziehen mußte, verschieden beschaffen. Es wird dieselben Eigenschaften haben wie das Quellwasser, wenn der Boden nicht durch Fäulnisstoffe verunreinigt ist.

Die Flüsse der Niederungen haben meistens weiches, häufig mit organischen Bestandteilen verunreinigtes Wasser. Diese Stoffe können durch keine Filtration wieder herausgeschafft werden. Auch hat das Flußwasser nur wenig Kohlensäure und nimmt beständig die jeweilige Lufttemperatur an; es ist daher zum Trinken im Sommer zu warm, im Winter zu kalt.

Wasser-Entnahme. Um ein gutes und brauchbares Wasser für den Hausbedarf in den größeren Städten zu erhalten, wird dasselbe meist aus größerer Entfernung durch ein System von Röhren oder Kanälen herzugeleitet.[1]) Die Beschaffung kann dabei — je nach den örtlichen Verhältnissen — in verschiedener Weise erfolgen, nämlich:

a) durch das Sammeln und Fassen sichtbarer oder verborgener Quellen (Quellwasserleitung);
b) indem das Wasser von Bächen, Flüssen (Seen) direkt aus dem Flußbett entnommen oder aus den Wasser durchlassenden Schichten des Flußufers aufgesaugt wird (Flußwasserleitung);
c) indem die Grundwässer je nach der Tiefe ihrer Wasser haltenden Schichten durch Brunnenschächte, Sammelbassins oder Bohrbrunnen[2]) gewonnen werden.

---

1) Die Wasserleitung, welche der Stadt Paris das Wasser aus der Champagne zuführt, hat 183 290 m oder 24,7 deutsche Meilen Länge. Es sollen durch dieselbe täglich circa 1000 cbm trinkbares Wasser der Seine-Stadt zugeführt werden.

2) Die Methode der Beschaffung von Wasser aus größeren Tiefen der Erde mittels sogenannter artesischer Brunnen ist uralt und, soweit nachweislich, zuerst von den Chinesen angewendet

Bei den Flußwasserleitungen großer Städte ist selten eine ausreichende **Filtration** desselben zu bewirken. Werden Sammelbassins angelegt, so pflegen sich die Wasser durchlassenden Schichten der Ufer gern mit Schlammteilen zu füllen, so daß Wasser nicht mehr in genügender Menge in die Sammelbassins eindringen kann. Auch sind die Baukosten solcher Anlagen bedeutend.

Die Übelstände, welche die Wasserbenutzung aus Flüssen mit sich führt, hat daher in neuester Zeit Veranlassung gegeben, dem Beispiele des Altertums zu folgen und den volkreichen Städten gutes **Quellwasser** aus großen Entfernungen zuzuführen. Hierbei sind die Schwierigkeiten und die Kosten in der Regel nicht geringe. Die Thäler müssen mit Aquädukten oder mit eiserner Rohrleitung in Form eines Hebers überschritten werden.

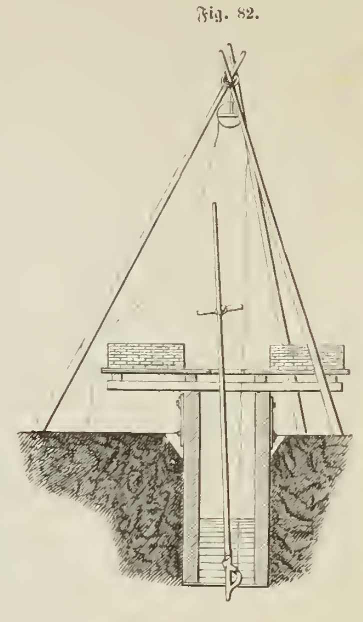
Wo Quellwasser aber nicht in ausreichendem Maße in den Umgebungen der Großstädte sich vorfindet, da bleibt nur die Wahl der Entnahme von Wasser aus benachbarten Flüssen oder Seen, und für die Beschaffung guten Trinkwassers ist man alsdann auf die Anlage von **Brunnen** angewiesen.

§ 16.

Brunnen-Anlagen in Gebäuden.

I. **Gewöhnliche Straßen- oder Hofbrunnen** bestehen aus einem ohne Mörtel gemauerten Cylinder, dessen Fugen mit Moos ausgefüllt sind. Man wirft zu diesem Zweck einen angemessen weiten runden Graben bis nahe zur Tiefe des Grundwassers auf, legt in letzteres einen verbundenen Bohlenkranz, auf welchen man mit keilförmig gestalteten, etwa 36 cm langen, 16 cm breiten Backsteinen (Brunnenziegeln) eine ringförmig gestaltete Mauer aufführt. Während des Mauerns wird der Boden im Innern durch einen Sackbohrer, Bagger oder ein ähnliches Werkzeug ausgehoben, wodurch vermöge der wachsenden Last das Brunnengemäuer in den Erdboden tiefer einsinkt. Um das Verschieben und Auseinanderdrängen der Steine bei nicht ganz vertikalem „**Senken**“ zu verhindern, wird das Mauerwerk mit dünnen Brettern und einem Tau geschient. Ist der Brunnen so tief gesunken, daß der obere Teil desselben der Erde gleich ist, so wird die Beschienung herausgenommen, ein neues Stück Brunnen-Mauerwerk aufgeführt, geschient und sofort gesenkt, bis man eine reichlich Wasser führende Schicht antrifft. — In gleichmäßigem sandigen Boden bewirkt man das Senken in der Art, daß der aufgemauerte Brunnen nach Fig. 82 mit einem Gerüst bedeckt und dieses durch Steine oder Eisenbahnschienen belastet, endlich ein Sackbohrer heruntergelassen und dieser allemal so lange umgedreht wird, bis der Sack mit Sand gefüllt ist.

Fig. 82.



Findet sich in der wasserführenden Schicht nur feiner Sand vor, so ist auf besondere Ergiebigkeit des Brunnens nicht zu rechnen: um aber wenigstens das Auftreiben des Sandes und Einsaugen desselben in die Pumpe zu verhindern, hilft man sich wohl durch Einfüllen einer Schicht von gutem, gewaschenem, grobem Sande.

Der Eintritt des Wassers in den Brunnen geschieht hauptsächlich durch den Boden, von dessen Größe also — bei gleicher Bodenbeschaffenheit — im allgemeinen die Ergiebigkeit abhängig ist. Da aber dem besten Bodenmaterial meistens viel feines Korn beigemengt ist, so darf nur eine geringe Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers zugelassen werden und kann man pro Minute auf 1 qm Sickerfläche selten mehr als 0,02—0,08 cbm Wasser rechnen.

Die Pumpe wird in einfachster Weise als **Saugeund Hebepumpe** aus einem Holzrohre hergestellt, welches auf dem Boden des Brunnens aufsteht und zu unterst mit einer Vergitterung versehen ist, um das Eindringen von Unreinigkeiten zu verhindern. Auf dieses untere, je nach Umständen längere oder kürzere **Saugrohr** ist das etwas cylindrisch ausgebohrte **Kolbenrohr** aufgesetzt, in welchem ein Kolben, luft- und wasserdicht schließend, auf und ab bewegt werden kann. Am unteren Ende des Kolbenrohres ist ein **Saugeventil** mit Lederkappe — das sogenannte **Bodenventil** — derartig eingesetzt, daß man es zur Erneuerung der Lederarmierung nach oben herausziehen kann.

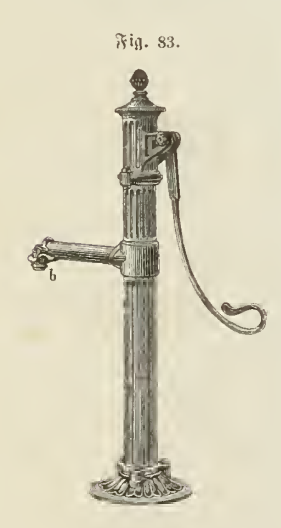
Der in der Höhlung des Kolbenrohres befindliche hölzerne, durchbrochene Kolben ist an seinem Umfang mit Ledermanschette versehen und wird mittels eines eisernen Gestänges, meist durch Hebelübertragung, auf und ab bewegt. Auf dem Kolben ist eine **Ventilklappe** von starkem Rindleder aufgenietet und — mit Ausnahme der Stelle, wo die Bewegung stattfindet — durch aufgenietetes Blech verstärkt.

worden. Man ist dabei aber vielen Zufälligkeiten unterworfen und Qualität wie Quantität des erbohrten Wassers läßt sich vorher nicht bestimmen, noch weniger die Ausführungskosten. Nicht selten ist das Wasser mit mineralischen Bestandteilen derart vermischt, daß es sich zum Trinken nicht eignet. Die Brunnen von **Passy** und **Grenelle** bei Paris sind zu 568 m Tiefe erbohrt; das Wasser derselben hat eine Temperatur von + 22° C. und ist als Trinkwasser nicht geeignet.

Die Durchgangsöffnung des Ventils muß mindestens gleich $^1/_4$ des Kolbenquerschnitts sein. Der unterste Punkt des Gestänges wird mit dem Kolben durch eine eiserne Gabel in Verbindung gebracht, welche denselben durchdringt und an seiner Unterfläche mit Schraubenmuttern befestigt ist. Wird nun der Kolben durch das Gestänge nach oben gezogen, so drückt die darauf lastende Wassersäule die Ledermanschette dicht an die cylindrische Wandung des Kolbenrohres an, während das Ventil geschlossen gehalten wird. Beim Niedersinken des Kolbens öffnet dagegen das unter dem Kolben eingeschlossene Wasser die Ventilklappe und strömt nach oben, um beim nächsten Hube vom Kolben gehoben zu werden. — Bei der geringen Vollkommenheit, mit welcher solche Pumpen ausgeführt sind, darf das Bodenventil nicht mehr als 6,5 bis 7 m über dem Wasserspiegel im Brunnenschacht angebracht sein.

Derartige Pumpen sind billig und genügen einfachen Ansprüchen; sie verwittern jedoch im Laufe der Zeit und erfordern, namentlich in den Verkleidungen und Verlederungen, vielfache Reparaturen, so daß sie, trotz ihrer sonstigen guten Eigenschaften — nämlich dem Kühlhalten des Wassers im Sommer und Warmhalten im Winter, Abwesenheit jeder üblen Einwirkung auf den Geschmack des Wassers bei hinreichend häufiger Benutzung — fast überall durch eiserne ersetzt werden, und zwar entweder ganz oder nur in den oberen freistehenden Teilen. Die äußere Form wird dann nach Bedürfnis einfach, wie in Fig. 83, oder sorgfältig ausgebildet.

Fig. 83.



Da diese eisernen Pumpen in ihrem oberen Teile und bis zur Frosttiefe unter Terrain der Gefahr des Einfrierens sehr ausgesetzt sind, so versieht man sie mit einem Hahn, der im Winter geöffnet wird und das Leerlaufen des Steigerohres bis zur nötigen Tiefe bewirkt. Die Konstruktion des Kolbens und der Ventile ist meist dieselbe wie bei den hölzernen Pumpen, jedoch wird der Kolben dann ebenfalls aus Metall gegossen.

Fig. 84.

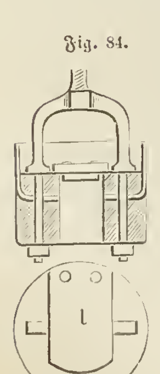


Fig. 84 stellt einen derartigen Metallkolben dar, worin m die Ledermanschette, l die mit Blech verstärkte Ventilklappe bezeichnet. Das Gestänge wird entweder aus Rundeisen oder aus Gasrohr 10 mm weit hergestellt. Im letzteren Falle hat die Gabel oberhalb Zapfen und Gewinde; besteht die Kolbenstange aus Rundeisen, so erhält die Gabel eine Öffnung, in welche die Kolbenstange eingreift. Die weiteren Details und die Verhältnisse der einzelnen Teile müssen hier unerörtert und dem Specialstudium vorbehalten bleiben.

II. Doppelwandige Brunnen. Um größere Wasserquantitäten zu gewinnen, kann man — unter der Voraussetzung, daß eine starke wasserführende Sandschicht vorhanden ist — die Leistungsfähigkeit eines gemauerten Brunnenkessels dadurch wesentlich erhöhen, daß man ihn doppelwandig mit quer durchlaufenden kleinen Löchern — aus sogenannten Lochsteinen — herstellt und den Umfang in der Weise zu einem Filter gestaltet, daß man den ringsförmigen Zwischenraum mit gesiebtem und gewaschenem reinen Sande von verschiedenem Korn ausfüllt. Hierbei kommt das feinste Korn an die äußere Brunnenwand zu liegen; dann geht man durch immer gröbere Sandsorten zu einer kiesähnlichen Schüttung an der inneren Wand über.

Gleiches Sandmaterial vorausgesetzt, kann man die horizontale Sickerfläche des Bodens mit derjenigen am Umfang des Cylinders als gleichwertig annehmen.

Die Senkung eines derartigen Versuchsbrunnens mit durchlässigen Seitenwänden, nach den Angaben des Betriebsdirektors der Berliner Wasserwerke Herrn Henry Gill ausgeführt, ist ausführlich beschrieben und durch Zeichnungen erläutert in der „Deutschen Bauzeitung“, Jahrgang 1871, S. 108.

III. Artesische Brunnen. Es giebt muldenförmige Terraingestaltungen, bei welchen eine wasserführende Schicht a zwischen zwei undurchlässigen Thon- oder Steinschichten b und c eingeschlossen ist. Das auf dem höchsten Faltenpunkte von der Schicht aufgenommene Wasser kann nun zwar da, wo die Schicht a jenseit der Mulde wieder zu Tage tritt, wieder hervorfließen, im Thale selbst kann dagegen kein Brunnenquell zum Vorschein kommen, weil das Wasser wie in einen flachen Schlauch eingeschlossen ist. Die Anlage eines Brunnens muß dann mittels eines, durch sämtliche undurchlässigen Schichten hinabreichenden, Senkschachtes bewerkstelligt werden. Treibt man eine Röhre d bis auf die wasserführende Schicht a hinab, so wird durch den Wasserdruck das Wasser in der Röhre emporsteigen, und zwar hat es das Bestreben, sich so hoch zu stellen, daß es mit dem Wasserspiegel der Muldenränder in Niveau kommt. Wenn die Schicht a hoch hinauf mit Wasser angefüllt ist, und höher als der Fußpunkt des gesenkten Rohres d, so geschieht (weil hier auf das ausfließende Wasser ein Druck ausgeübt wird) der Ausfluß zuweilen so heftig, daß er springbrunnenähnlich sich als Sprudel über den Boden erhebt (Soolsprudel zu Nauheim).

Die Röhren, welche man bis auf die wasserführende Schicht hinabführt, werden mit Hilfe eines Bohrgestänges

eingetrieben. In Europa ist dieses Verfahren schon frühzeitig zur Förderung der Salzsoole in Gebrauch gewesen.

In Frankreich nannte man solche Brunnen nach der Provinz Artois, wo sie, wie es scheint frühzeitig, viel in Gebrauch kamen, „artesische Brunnen". Brunnensprudel, wie zu Nauheim und Kissingen, sind nur in gebirgigen Gegenden möglich; im Flachlande findet man einen Auftrieb des Wassers bis zu ansehnlicher Höhe nirgends, und man ist dann zufrieden, wenn das Wasser durch das Bohrloch nur zu Tage oder wenigstens über den Grundwasserspiegel emporsteigt.

Die Güte des auf solche Weise geförderten Wassers richtet sich nach den Formationen, durch die es hinabgedrungen ist; meist ist es daher nicht besser als in weniger tiefen Schichtungen, häufig geringer, dagegen hat es etwas Bequemes, und für landwirtschaftliche Zwecke ist der Nutzen nicht gering, wenn es gelingt, starken Ausfluß bei erheblichem Auftrieb zu gewinnen.

Steigt das erbohrte Wasser bei schwachem Auftrieb nicht zu Tage, so müssen zum Heben desselben Pumpwerke aufgestellt werden.

IV. Abessinier Brunnen wird eine Gattung von Brunnen genannt, welche von den Engländern bei dem Feldzuge in Abessinien zuerst gebraucht worden sein sollen. Sie bestehen aus einer einfachen Röhre (Fig. 85), welche bis in das Grundwasser reicht und am untern Ende mit einem Filter versehen ist. Das Eintreiben des Rohres — welches ohne besondere Vorrichtungen nur im leichten Boden gelingt — geschieht entweder durch einen kleinen, über das Rohr gestreiften Rammklotz direkt von Hand, oder mit Zuhilfenahme einer Rolle am Dreibein, oder durch richtiges Einbohren, d. h. durch Drehen des Rohres mittels der Kluppe. Das untere Ende des Rohres ist alsdann mit einer Erdschraube versehen. Nachdem das Saugrohr bis zu gehöriger Tiefe eingedrungen ist, setzt man eine einfache Hand- oder auch eine Maschinenpumpe auf, vermittelst welcher das Wasser gefördert wird.

Fig. 85.

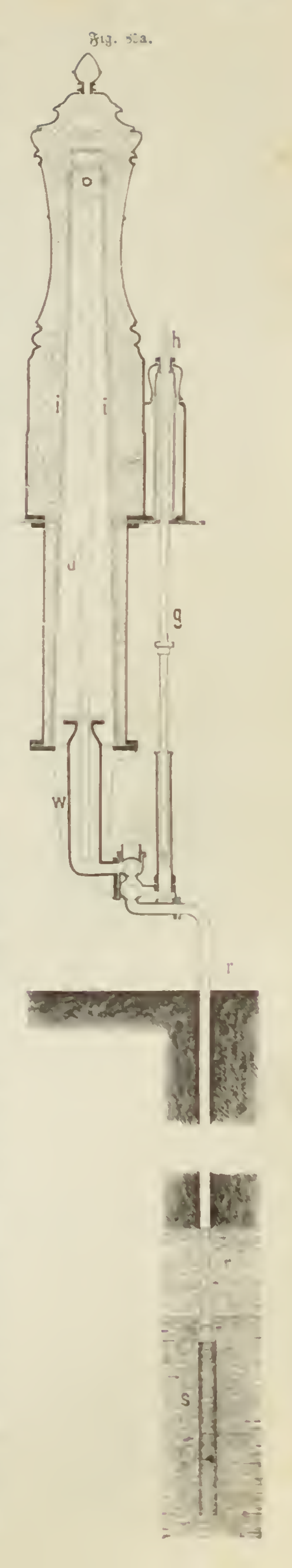


In gutem Sand- oder Kiesboden geben diese Brunnen für den Hausbedarf oder bei Neubauten genügend und häufig gutes Wasser. Wenn es sich um größere Quantitäten und um eine gewisse Sicherheit der Bohrung handelt, wendet man in neuerer Zeit fast ausschließlich die „Rohrbrunnen" an.

V. Rohrbrunnen. Sowohl die gewöhnlichen gemauerten, wie die Abessinier-Brunnen sind in ihren Erfolgen davon abhängig, ob man eine gut filtrierfähige Sandschicht erbohrt. Bei den ersteren geschieht es häufig, daß man die Kessel zu tief senkt, oder eine Schicht durchsenkt, welche man nicht für ausreichend hält und und daß man sich schließlich doch mit schlechterem Material begnügen muß. Auch ist die Gefahr vorhanden, daß bei stärkerer Beanspruchung die feinen Sandteile aufgetrieben werden und der Brunnen versandet, oder daß Verunreinigungen von oben her eintreten, namentlich aus dem infizierten Boden größerer Städte.

Diesen Übeln begegnet man dadurch, daß ein Rohr von angemessener Weite so tief in den Boden eingesenkt wird, bis man gute und genügend wasserhaltige Sandschichten durchdrungen hat. Um aber die Entnahme nur an der geeigneten Stelle bewirken zu können, ist ein Saugapparat anzubringen, der in der Hauptsache aus einem siebähnlich durchbrochenen Rohre mit Gazeumhüllung besteht. Die Einsenkung eines solchen Apparates ist natürlich nur möglich, nachdem vorher ein weiteres (schmiedeeisernes) Rohr eingebohrt worden ist, welches nach dem Einsetzen des Saugers wieder entfernt wird. Nunmehr hat man den Vorteil, daß bei angemessener Wahl des Saugers Sandteile nicht in das Rohr eindringen können, daß ersterer

Fig. 86a.



nur die besten Schichten durchdringt, während die Bohrröhren bis über das Filter herausgezogen werden. Nach anderer Methode zieht man wohl auch sämtliche Bohrröhren heraus und verbindet den Sauger durch ein besonderes Rohr (Taf. 58, Fig. 2), welches in der Erde bleibt, mit der Pumpe. Je nach der Korngröße der Sandschichten, in welche man das Filter gelagert hat, gewinnt man aus demselben 0,10 bis 0,40 cbm pro qm Saugfläche.

Diese Art von Rohrbrunnen wird in neuerer Zeit fast allgemein angewendet, so bei den vom Ingenieur O. **Greiner** konstruierten Berliner Straßen-Brunnen, welche mit Einrichtungen versehen sind, um die Saugeschläuche zweier Handspritzen oder einer Dampfspritze schnell und bequem anschließen zu können und dabei pro Minute 1 bis 1,25 cbm Wasser zu liefern vermögen. Ein solcher Straßenbrunnen ist auf Taf. 58 in Fig. 1 und 2 mit seinen für den öffentlichen Gebrauch und für Feuerlöschzwecke kombinierten Einrichtungen dargestellt. Die Handpumpen dieser Straßenbrunnen sind Zug- und Druckpumpen mit direktem Handgestänge, welches nur bei sehr tiefer Lage des Grundwassers mit einer Abbalancierung versehen ist, durch die Zug- und Druckwiderstand einander gleich gemacht werden. Bei den gewöhnlichen Wassertiefen fällt diese Einrichtung fort, so daß bei der größten Zahl der Brunnen keine Lederungen, keine Gelenke vorkommen, welche Abnutzung und Reparatur verursachen, da auch der Kolben ohne Dichtung arbeitet.

Wenn der Wasserspiegel so tief liegt, daß die Feuerspritzen nicht mehr mit Sicherheit ansaugen, vereinfacht sich die Konstruktion durch Weglassung der für die Schlauchanschlüsse erforderlichen Teile; der Rohrbrunnen wird nur für den Straßenbedarf ausreichend groß gemacht und die Pumpe nimmt die in Fig. 85a dargestellte Form an.

Es bezeichnet hier: s den Sauger oder Filter; an diesen schließt das schwächere Saugrohr r, welches eine möglichst kurze Verbindung zwischen Filter und Saugventil herstellt. Zur Umgehung eines schädlichen Raumes befindet sich dicht über dem Saugventil das Druckventil und seitlich daran der Pumpencylinder, dessen Kolben durch direktes Auf- und Niederziehen des Gestänges g mittels des Handgriffs h seine Bewegung erhält. Das Wasser tritt dann beim Pumpen durch das Druckventil und den Windkessel w in das Druckrohr d und gelangt oberhalb in das Ausflußrohr.

Gegen das Einfrieren ist am Steigerohr eine zweckmäßige Schutzvorrichtung durch den eingesetzten Hohlcylinder i, i angebracht; der Zwischenraum wird mit schlechten Wärmeleitern ausgefüllt.

Der gemauerte Brunnenschacht ist doppelwandig und nur in solcher Tiefe angelegt, daß etwaige Reparaturen am Pumpwerk bequem vorgenommen werden können, auch möglichste Frostsicherheit für die funktionierenden Teile gewonnen wird.

Die obere Decke wird durch eine Gußplatte a (Fig. 1 auf Taf. 58) hergestellt, welche in den Falz eines Granit-Schwellwerks eingelegt ist, wobei der Wasserausfluß in das angehängte Gefäß oder über die Bordschwelle c hinaus in das vorliegende Brunnengullie erfolgt.

Bei sehr tiefem Wasserstande pflegt man Tiefbrunnenpumpen anzuwenden, welche in ein stärkeres Rohr eingehängt werden, dessen unteres Ende ebenfalls als Rohrbrunnen ausgebildet ist, und die Bewegung geschieht entweder wie in Fig. 1 auf Taf. 58 durch direktes abbalanciertes Handgestänge oder zur Verlangsamung der Bewegung durch einen Handwinkelhebel.

Drittes Kapitel.

Anlage der Haustelegraphen.

Elektrische Haustelegraphen und Telephone.

§ 17.

Allgemeines. Die Haustelegraphen und sonstigen Signalwerke zu verschiedenen Zwecken der Hausökonomie bilden eine besondere Klasse der elektrischen Telegraphen, welche in Amerika schon seit längerer Zeit, bei uns erst seit ca. 20 Jahren allgemein eingeführt sind. Ihre Vorzüge vor den häufig versagenden mechanischen Klingelzügen bestehen insbesondere in der Leichtigkeit, mit der sie selbst in vorhandenen Gebäuden angebracht werden können, in der einfachen und billigen Unterhaltung und der verhältnismäßig schnellen Beseitigung etwa eintretender Betriebsstörungen.

Bereits im Jahre 1855 erhielt Mirand in Paris die Medaille I. Klasse für seine Haus- und Hoteltelegraphen, die er auf der internationalen Industrie-Ausstellung vorgeführt hatte. Seither ist nun der Mechanismus dieser Apparate durch Bréguet, Hagendorf, Siemens & Halske u. a. bedeutend vervollkommnet worden, was ihre große Verbreitung wesentlich gefördert hat.

Litteratur.

Schellen, Der elektromagnetische Telegraph. 5. Auflage. Braunschweig 1870.
Zetzsche, Dr. K. E., Handbuch der elektrischen Telegraphie. IV. Band. Berlin 1878. (J. Springer.)
A. Merling, Die Telegraphen-Technik der Praxis. Hannover 1879.
L. Scharnweber, Die elektrische Haustelegraphie. Berlin 1880. (J. Springer.)
Goldschmidt, Dr., Haustelegraphen. (Separatabdruck aus dem deutschen Bauhandbuch, Band II.) Berlin 1880.
C. Erfurth, Haustelegraphie, Telephonie und Blitzableiter. Berlin 1888. 8°.
Lindner, Max, Leitfaden der praktischen Haustelegraphie. Halle a. S. 1889. 8°.
J. Sack, Die Haustelegraphie. Berlin 1893. 8°.

Mit der glänzenden Entdeckung des Elektromagnetismus, d. h. der Einwirkung galvanischer Ströme auf Magnete, eröffnete sich der elektrischen Telegraphie ein großes Feld. Die Aufgabe, um die es sich dabei handelt, besteht aber darin: die Mechanik der primären und einfachen Bewegungen, welche der galvanische Strom direkt oder indirekt hervorruft, zu leicht verständlichen und sicheren Signalen umzugestalten.

Selten nur werden zwei getrennte Räume eines Hauses, einer Fabrik oder größeren Bauanlage behufs des Austausches von wirklichen Telegrammen durch Sprechapparate verbunden; aber auch wo es geschieht, erweisen sich in der Regel die bekannten Apparate zum Betrieb langer Linien, seien es nun Nadel-, Zeiger- oder Drucktelegraphen, als zu kompliziert, zu schwer zu behandeln und außerdem zu teuer.[1])

Gewöhnlich sollen nur einfache sichtbare oder hörbare Signale ausgetauscht werden, und es können daher die erforderlichen Einrichtungen — bei aller Mannigfaltigkeit der zu erreichenden Zwecke — doch sehr einfache sein. Diese Apparate sind bekannt unter dem Namen der „Hoteltelegraphen“ und sollen in der Folge besprochen werden. Die Art ihres Betriebes besteht darin, daß man nur eine Leitungsbatterie aufstellt, welche im Zustande der Ruhe nicht geschlossen ist und deren Strom erst beim Telegraphieren in die Leitung geschickt wird, um dadurch den Apparat eines entfernten Raumes in Thätigkeit zu setzen. Solche Leitungen nennt man „Leitungen mit Arbeitsstrom“, weil nur beim Telegraphieren Strom in der Leitung ist.[2])

1) Es kostet von dem magneto-elektrischen Zeigertelegraph von Wheatstone das Paar 1200 Mark, Siemens & Halske's Magnetzeiger 600 Mark; nur der vereinfachte Comptoir-Telegraph von Hipp & Hagendorf stellt sich wesentlich billiger (unter 300 Mark).

2) Stellt man beim Betrieb langer Linien an beiden Enden der Telegraphenleitung in gleichem Sinne kontinuierlich wirkende Batterien auf, so werden sämtliche Apparate während der Ruhe beständig von einem Strome durchlaufen, und zur Bewegung der Apparatenteile hat man die Linie nur an einem Punkte zu unterbrechen. Diese Leitungen nennt man im Gegensatz „Leitungen mit Ruhestrom“, weil auch im Ruhezustande der elektrische Strom cirkuliert.

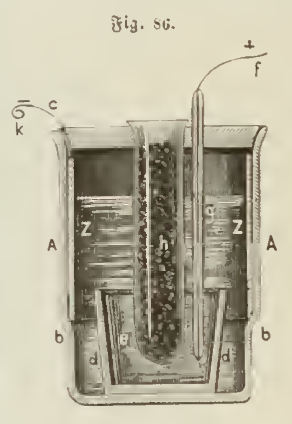
Die konstanten Elemente.

§ 18.

Zum Betriebe der Haustelegraphen eignen sich nur die sogenannten „konstanten Elemente“[1]), von denen die wenigsten weitere Verbreitung gefunden haben, weil für den vorliegenden Zweck nur solche Elemente in Betracht kommen können, welche bei großer Sicherheit des Betriebes wenig Wartung bedürfen. So ist das Daniell'sche Element zwar geruchlos und entwickelt keine sauren Dämpfe, eignet sich aber nicht für Arbeitsstrom, weil bei lange geöffneter Kette am Boden der Thonzelle sich metallisches Kupfer ablagert, wodurch die Zelle verdorben und der Strom bald abgeschwächt wird. Überhaupt erfordern die Elemente die aufmerksamste Behandlung, denn sie bilden die hauptsächlichste Fehlerquelle, welche selten durch das bloße Auge zu erkennen ist.

Die beiden Elemente, welche in der Haustelegraphie fast ausschließliche Anwendung gefunden haben, sind das Meidinger-Element und das Leclanché-Element. Diese nur sollen hier besprochen werden; das letztere ist das neuere von beiden.

Fig. 86.



a) Das Meidinger-Element zeichnet sich durch ungewöhnlich lange Dauer und große Konstanz des Stromes aus. In der älteren Form besteht dasselbe aus einem etwa 21 cm hohen und 12 cm weiten Glasgefäß A, A (Fig. 86)[2]), auf

1) Der Durchgang des Stromes durch ein Zink-Kupfer-Element ist stets von chemischen Vorgängen begleitet; am positiven Pol wird Wasserstoff und am negativen Pol Sauerstoff ausgeschieden. Da nun bei allen Elementen der negative Pol durch Zink in verdünnter Schwefelsäure gebildet wird, so ist der chemische Vorgang hier stets derselbe, d. h. der entwickelte Sauerstoff bildet mit dem Zink und der Schwefelsäure schwefelsaures Zinkoxyd (Zinkvitriol), welches in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt. Die Erregung von Elektricität hat also ein Ende, sobald alles Zink aufgelöst, keine freie Säure mehr vorhanden oder die Flüssigkeit mit Zinkvitriol gesättigt ist. Der Vorgang am positiven Pol ist dagegen bei den verschiedenen Elementen verschieden: im vorliegenden Falle sammelt sich der Wasserstoff in Gestalt von Bläschen an der Kupferplatte, so daß das Kupfer nach einiger Zeit außer Berührung mit der Flüssigkeit steht und ein neues Element, Wasserstoff-Zink, sich gebildet hat, dessen Strom dem erstgenannten entgegengesetzt ist. Dieser Vorgang heißt die galvanische Polarisation des Elements.

In der Telegraphie sucht man die Polarisation dadurch zu vermeiden, daß man den positiven Pol mit sauerstoffreichen Substanzen umgiebt, die den Wasserstoff sofort beim Entstehen aufnehmen; man erhält dann einen Strom, der nur geringen Schwankungen unterworfen ist, und Elemente dieser Art heißen „konstante Elemente“.

2) Vergl. H. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph

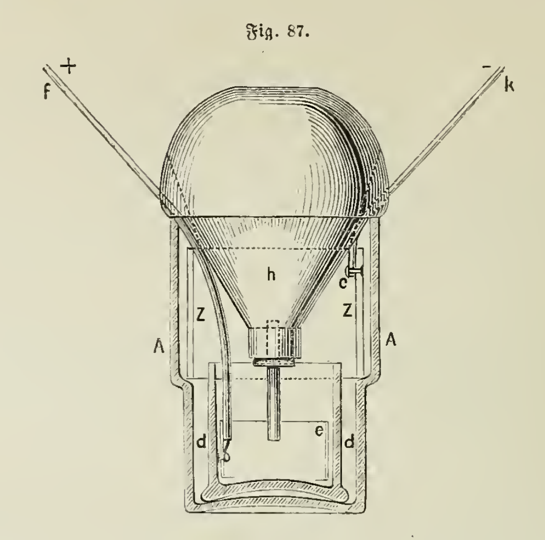
dessen Boden ein kleineres Gefäß d, d mit Harz festgekittet ist; in dem letzteren befindet sich das konisch gebogene Kupferblech e, dessen Zuleitungsdraht g mit Guttapercha überzogen und am unteren Ende festgenietet ist.

Das kleinere Glas d d wird von einem Zinkring Z Z, der in das sich verengende Gefäß A A eingesetzt ist, umgeben und die Mündung des letzteren durch eine Holz- oder Blechplatte geschlossen, in deren Mitte sich eine Öffnung befindet, um den nach unten verengten Glascylinder h von 3 cm Durchmesser und 20 cm Höhe aufzunehmen, welcher an dem zugerundeten Ende eine kleine Öffnung hat und bis zur Mitte des kleinen Gefäßes hinabreicht. Dieser Cylinder ist mit Krystallen von Kupfervitriol angefüllt und soll damit stets voll erhalten werden. (Bei den neuen Meidinger-Elementen wird er gewöhnlich durch einen oben geschlossenen Glastrichter ersetzt. Vergl. Fig. 87.) Das große Gefäß A A ist mit einer verdünnten Lösung von Bittersalz angefüllt, welche den Zinkring bis etwa 3 cm unter dem oberen Rande bespült, während aus dem Gefäß h die schwerere, konzentrierte Lösung von Kupfervitriol durch das feine Loch der Glasröhre nach unten sinkt und das kleine Gefäß bald bis zur Mitte anfüllt, auch nur sehr langsam emporsteigt und in die Bittersalzlösung wenig diffundiert, falls die Batterie ruhig steht, — was jedenfalls sorgfältig zu beachten ist. — Und selbst wenn das Element nicht im Gebrauche, also offen ist, zeigt das Zink nach mehreren Wochen kaum Spuren von Kupfer, während bei der gewöhnlichen Daniell'schen Batterie gerade bei geöffneter Kette die Diffusion des Kupfervitriols durch die Thonzelle am stärksten ist. Verbindet man sodann den an das Kupferblech angenieteten Kupferdraht g f mit der Hülse eines schmalen Kupferblechstreifens c k, welcher an den Zinkring Z Z angelötet ist, so erhält man einen galvanischen Strom, der so lange konstant bleibt, als Kupfervitriol in h vorhanden und das Zink Z nicht aufgelöst ist.[1])

Die Dauer der Batterie hängt von dem Volumen der Flüssigkeit ab, welche das Glasgefäß fassen kann. Bei der vorbeschriebenen Größe wird nach Meidinger's Angabe die Batterie auseinanderzunehmen sein, wenn sie etwa 1,5 kg Kupfervitriol verbraucht hat, worüber etwa ein Jahr hingeht. Die Bittersalzlösung soll nicht über den Rand von Z Z hinausreichen, weil sonst der Kupferstreifen abgefressen wird. Beim Gebrauch sind von Zeit zu Zeit neue Kupfervitriolkrystalle in das Glas zu schütten.

Fig. 87 zeigt das Meidinger-Element in seiner neueren Form. Die Glasröhre ist durch einen unten konischen

Fig. 87.



Ballon ersetzt, welcher einen mit Ausflußröhrchen versehenen Korkpfropfen trägt. Der Ballon enthält so viel Kupfervitriol, als das Element für längere Zeit bedarf. An Stelle des Kupfercylinders e tritt hier ein solcher von Blei, an welchen statt des Guttaperchadrahtes ein Bleistreifen befestigt ist. Dabei findet folgender Vorgang statt: der am Blei sich bildende Wasserstoff entzieht dem Kupfervitriol Sauerstoff und bildet damit Wasser; das frei werdende Kupfer schlägt sich auf dem Blei nieder. Die freie Schwefelsäure löst Zink auf und bildet damit Zinkvitriol, der in der Flüssigkeit gelöst bleibt. In dem Sinne, wie sich die Kupfervitriollösung durch Niederschlag von Kupfer verdünnt, tritt neue Lösung aus dem Ballon heraus. Ist aller Kupfervitriol zersetzt, so tritt Wasserstoffpolarisation ein; dies muß also vermieden werden. Im übrigen tritt, selbst bei lange andauernden starken Strömen, Polarisation nicht ein.

Das Element darf nach dem Ansetzen nur vorsichtig berührt werden, indem durch Schütteln eine Mengung der Flüssigkeiten herbeigeführt würde, welche die Konstanz des Stromes aufhebt. Ein Zeichen der Sättigung der Flüssigkeit mit Zinkvitriol ist das Auskrystallisieren des letzteren. Im Sommer sind demnach die Elemente länger betriebsfähig als im Winter, weil die Flüssigkeit dann mehr Zinkvitriol aufzulösen vermag. Die Dauer des Elements beträgt, je nach dem Gebrauch, zwei Monate bis ein Jahr.

Ist es nach erfolgter Prüfung der Batterie nötig, die Elemente zu reinigen, so entfernt man zunächst das auf dem Bleicylinder niedergeschlagene Kupfer, nachdem vorher die Zinkvitriollösung behutsam mittels eines Hebers abgefüllt wurde. Ist die Flüssigkeit dennoch blau geworden, so kann man den Kupfervitriol dadurch entfernen, daß man Zinkabfälle einige Tage darin liegen läßt; diese schlagen das Kupfer nieder.

---

und Müller, Dr. Johann, Lehrbuch der Physik und Meteorologie II. Band.

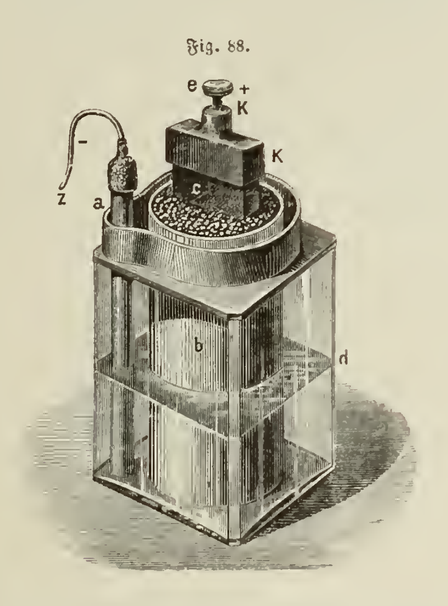
[1]) Der Ring Z Z wird von vornherein an der inneren Fläche amalgamiert; dadurch lösen sich die Unreinigkeiten von demselben leicht ab, während sie sonst das Zink als harte Kruste bedecken würden. Eine Spur von Kupfer, welche durch die Wirkung des Stromes bis zum Zink gelangt, ist erst nach mehreren Wochen zu bemerken.

Die kleineren Mängel dieses Elementes lassen sich durch angemessene Konstruktion wesentlich reduzieren; der verhältnismäßig große Leitungswiderstand in demselben ist aber von Bedeutung für die Haustelegraphie.

Anm. Die neuesten, bei der Staatstelegraphie gebrauchten Meidinger-Elemente bestehen aus einem starken, gegossenen Zinkcylinder, welcher in das Glas eingehängt ist und aus einer starken Bleiplatte, welche auf dem Boden des Glases ruht und die Stelle des Kupferringes bei den älteren Elementen vertritt. Diese Elemente wirken sehr zuverlässig.

b) Das Element Leclanché (Fig. 88) ist ein Zink-Kohlen-Element. Der + Pohl besteht aus einer an ihrem oberen Ende mit Harz überzogenen Kohlenplatte c mit Bleikappe K und Klemmschraube e. Dieselbe steht in einer

Fig. 88.

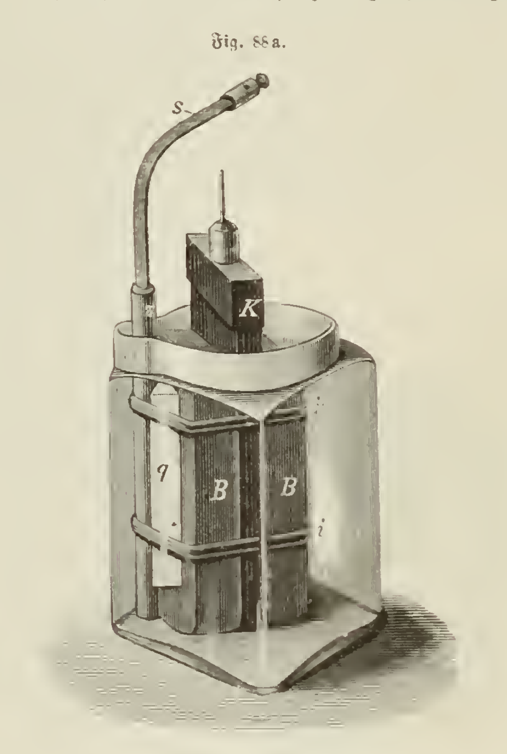


porösen, auf der oberen Hälfte glasierten Thonzelle b, die mit einem Gemisch grob gestoßenen Braunsteins (Mangansuperoxyd) und Retortenkohle gefüllt ist. Die Thonzelle steht in einem 4eckigen, etwa 26 cm hohen Glase d, welches bis zu $^3/_4$ der Höhe mit einer gesättigten Lösung von Salmiak angefüllt ist. Der — Pol wird durch einen außerhalb der Zelle, jedoch innerhalb des Glases stehenden, amalgamierten Zinkstab a gebildet. Sobald das Element geschlossen ist, zersetzt der Strom das Wasser und den Salmiak (chlorwasserstoffsaures Ammoniak) und in der Thonzelle das Mangansuperoxyd. Am + Pol bildet der frei werdende Sauerstoff mit dem Zink und dem Chlor des Salmiaks Chlorzink, welches in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt; am — Pol wird der Wasserstoff des zersetzten Wassers durch den Sauerstoff des Braunsteins neutralisiert, und der Wasserstoff der Salzsäure vereinigt sich mit dem Sauerstoff des zersetzten Wassers. Das Zink sowohl als die Kohle bleibt daher in gut leitender Verbindung mit der Flüssigkeit und die Stromstärke ziemlich lange (durchschnittlich 2 Jahre) konstant, ohne daß es irgend welcher Aufsicht bedarf, höchstens ist Wasser und Salmiak nachzufüllen.

Die beiden Stromerreger stehen in der elektromotorischen Reihe ziemlich weit auseinander, daher ist die elektromotorische Kraft des Elementes ziemlich groß, nämlich etwa $1^1/_2$ mal so groß als die des Meidinger-Elementes. Allgemein wird angenommen, daß man 40 Meidinger-Elemente durch 28 Elemente Leclanché gleicher Größe ersetzen kann. Die Kosten sind pro Element etwa 4 Mark.

Leclanché hat das in Fig. 88 dargestellte Element dadurch vereinfacht, daß er die Thonzelle ganz beseitigte und

Fig. 88a.



an Stelle der Kohlen-Braunsteinmischung zwei Briquettes (Braunstein-Kohlenplatten) setzte, welche zu beiden Seiten der Kohlenplatte K (Fig. 88a) liegen. Diese Elemente heißen daher auch Briquette-Elemente. Mit der so gebildeten Elektrode ist der Zinkstab z verbunden, der sie jedoch nicht berührt, sondern durch den Porzellankörper q davon getrennt gehalten wird. Die Briquettes werden aus einem Gemenge von Pyrolusit, Retortenkohle, doppelt schwefelsaurem Kali und Gummilack als Bindemittel hergestellt; dieses Gemenge wird auf 100° Celsius erwärmt und gepreßt.

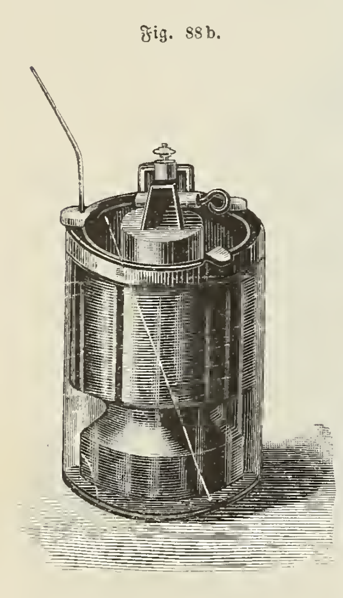
Eine Abänderung des Leclanché-Elementes, die von Kaiser & Schmidt in Berlin herrührt, zeichnet sich durch Einfachheit und Wirksamkeit aus. Die Braunstein-Kohlen-Mischung bedeckt 6 cm hoch den Boden des cylindrischen Glases, und eine schmale Kohlenplatte, die auf dem Boden des Glases aufsteht, vermittelt die Verbindung zwischen der

Mischung am Boden und der Polklemme. Der negative Pol wird durch eine schmale Zinkplatte, die oberhalb an einem Stege aufgehängt ist, gebildet, die Mischung aber nicht berührt. Die Salmiaklösung, die das Glasgefäß füllt, reicht nur bis 4 cm unter den Rand, den man mit Firnis oder Talg bestreicht.

Anstatt der Briquettes hat man auch Kohlen-Cylinder konstruiert, wodurch das Leclanché-Element eine nicht zu übertreffende Einfachheit erhält. Derartige Elemente werden „Braunstein-Cylinder-Elemente" genannt.

Neuerdings ist man dazu übergegangen, bei den letztgenannten Cylinder-Elementen an Stelle des Zinkstabes einen Cylinder aus gewalztem Zinkblech als negative Elektrode zu benutzen, welche mit dem untern Rande etwa um ein Drittel der Glashöhe vom Boden absteht. Gleichzeitig wurde der Braunstein-Kohlen-Cylinder mit einem Fuße versehen, der der inneren Glasweite entspricht (Fig. 88b). Die Firma Mix & Genest, welche diese Elemente konstruiert, nennt dieselben „Standkohlen-Elemente" und liefert dazu einen gepreßten Verschlußdeckel aus stark lackierter Pappe.

Fig. 88b.



Die sämtlichen vorbeschriebenen Elemente erfordern eine gewisse Pflege, indem die Flüssigkeit durch Zugießen von Wasser ergänzt und durch Nachwerfen von Kupfervitriolstückchen in der geeigneten Dichte erhalten, endlich die Salmiak-Lösung bisweilen ersetzt werden muß.

Eine Versendung der Elemente in fertiger Form ist nicht möglich, sondern die Bestandteile müssen einzeln verpackt und erst an Ort und Stelle zusammengesetzt werden, was Störungen hervorrufen kann, wenn die nötige Vorsicht mangelt.

Man ist daher schon seit Jahren bemüht gewesen, die Elemente so zu füllen und zu verschließen, daß sie längere Zeit betriebsfähig bleiben und wie feste Körper versandt werden können. Derartige Elemente nennt man „Trocken-Elemente; dieselben haben für kleinere Hausanlagen vielfach Verwendung gefunden.

Bei den Trocken-Elementen von Gaßner wird die Zinkelektrode gleichzeitig als Elementen-Gefäß benutzt, indem man sie in cylindrischer Form, außen lackiert, herstellt. Innen befindet sich die Kohlenelektrode. Der freie Raum wird bis 3 cm vom Gefäßrande mit der erregenden Masse[1]) ausgegossen, der übrige Raum aber mit einer Verschlußmasse gefüllt.

Batterie und Wandleitungen.

§ 19.

Jede Anlage von Haustelegraphen erfordert eine Batterie mit einer bestimmten Anzahl von Elementen; obwohl die Zahl der Elemente aus der Zahl der gleichzeitig auf Kontakt wirkenden Apparate resultiert, empfiehlt es sich dennoch, auch bei den einfachsten Anlagen nie weniger als 3 Elemente anzuwenden und — bei gleichzeitiger Thätigkeit mehrerer Apparate — diese Zahl zu verdoppeln. Dies vertheuert zwar eine kleine Anlage: wenn aber sämtliche Wohnungen eines Hauses mit elektrischen Haustelegraphen versehen werden, so ist ebenfalls nur eine Batterie erforderlich und es gleichen sich daher die Anlagekosten aus.

Hierbei können die Elemente hintereinander oder nebeneinander geschaltet werden. Sind sie nach Fig. 89 hintereinander geschaltet, d. h. das Zink des einen

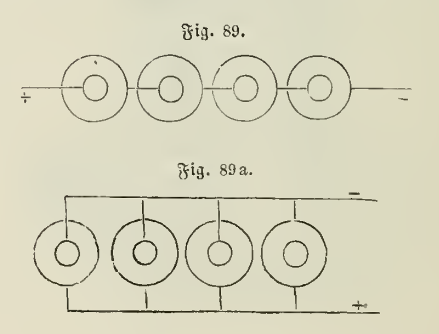


Fig. 89.

Fig. 89a.

Elementes mit dem Kupfer des nächstfolgenden verbunden, so ist die elektromotorische Kraft der Batterie gleich vier, wenn die eines Elementes gleich eines gerechnet wird. Sind die Elemente dagegen nach Fig. 89[a] sämtlich nebeneinander geschaltet, d. h. alle Zink- und alle Kupferplatten miteinander verbunden, so ist es dasselbe, als ob man ein großes Element hätte, mit viermal so großen Elektroden und viermal so großer Flüssigkeitsmenge. Die elektromotorische Kraft der ganzen Batterie ist in diesem Falle nur gleich eins, aber auch der Leitungswiderstand[2])

1) Über die Zusammensetzung des Erregers bewahren die Fabrikanten ein Geheimnis.

2) Die Körper setzen dem Durchgange des elektrischen Stromes einen gewissen Widerstand entgegen und dieser gilt als Maß der Leitungsfähigkeit. Die Leitungswiderstände der Metalle sind, Kupfer gleich 1 gesetzt, folgende:

Kupfer	= 1	Platin	= 6,50
Zink	= 3,50	Blei	= 9,00
Messing	= 3,75	Neusilber . . .	= 11,50
Eisen	= 5,75	Quecksilber .	= 40.

Die Leitungswiderstände der Flüssigkeiten sind erheblich größer und

in den Elementen viermal so klein als im ersten Falle, so daß die Stromstärke in beiden Fällen dieselbe ist. Es bleibt also ganz gleich, ob man die Elemente hinter- oder nebeneinander schaltet.

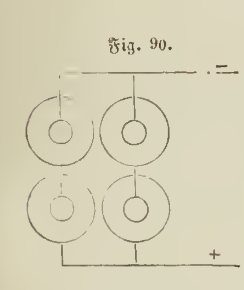
Im ersten Fall ist nämlich — wenn für jedes Element ein Widerstand von 6 E gerechnet wird — die Stromstärke nach dem Ohm'schen Gesetz*)

$$S = \frac{4}{24+6} = \frac{2}{15} = 0{,}13.$$

Im zweiten Fall ist der Gesamtwiderstand viermal so klein wie der eines einzelnen Elementes, also gleich $\frac{6}{4}$, der unwesentliche Widerstand = 6, die elektromotorische Kraft E = 1, also hat man:

$$S = \frac{1}{6/4 + 6} = \frac{2}{15} = 0{,}13.$$

Fig. 90.



Schaltet man endlich 2 Batterien von je 2 Elementen nach Fig. 90 nebeneinander, so ist die elektromotorische Kraft der ganzen Batterie gleich 2. Der Widerstand jeder einzelnen Batterie von zwei Elementen beträgt 2.6 = 12 E; weil aber zwei solche Batterien nebeneinander geschaltet sind, beträgt der Widerstand $\frac{1}{2}$, also nur 6 E. Der unwesentliche Widerstand ist ebenfalls 6 E, daher die Stromstärke

$$S = \frac{2}{6+6} = \frac{2}{12} = 0{,}16.$$

Man ersieht daraus, daß in diesem Falle mit der Schaltung der stärkste Strom erzeugt wird.

Übrigens darf man nie Batterien von ungleicher Stärke nebeneinander schalten, weil alsdann auch bei geöffneter Leitung in der Batterie Ströme entstehen würden.

Die Stärke des elektrischen Stromes mißt man an den Wirkungen, die er ausübt, und ein vorzügliches Mittel dazu bietet die Ablenkung der Magnetnadel. Eine Beschreibung der Meßinstrumente würde aber den Rahmen dieses Buches überschreiten, auch ist die Kenntniß dieser Apparate und deren Gebrauch für die Anwendung der Haustelegraphie nicht absolut nötig.

Die Wandleitungen.

Der Leitungsdraht besteht aus Kupferdraht von 0,8 mm Stärke mit isolierendem Überzuge. Wo die Leitungsdrähte in den Putz oder unter die Tapete gelegt werden, da ist Kupferdraht mit Guttapercha-Überzug und mit Baumwolle besponnen anzuwenden. In feuchten Räumen — auch in Neubauten — ist es ratsam, den Draht noch mit Asphaltlack zu überziehen.

In bereits bewohnten Gebäuden werden die Leitungsdrähte frei gelegt; es wird in diesem Falle Kupferdraht benutzt, der mit in Wachs getränkter Baumwolle doppelt besponnen ist. Wo Leitungsdrähte durch das Mauerwerk gehen, sind sie mehrfach mit Guttaperchapapier zu umhüllen, wie denn überhaupt im Innern der Gebäude Leitungsdrähte ohne Isolierung nicht verwendet werden dürfen, wohl aber für im Freien geführte oberirdische Leitungen.

Zur Befestigung der Drähte werden verzinnte Stifte und Haken angewandt und zu dem Ende Rinnen in den trockenen Putz eingeritzt, die Drähte eingelegt und wieder verputzt. Ist dies aber — wie in älteren Gebäuden — nicht erwünscht, so befestigt man jeden einzelnen Draht auf Isolierrollen von Knochen.

Die Telegraphen-Apparate.

§ 20.

A. Einfache Läutetasten für galvanische Ströme. Bei den elektrischen Haustelegraphen beabsichtigt man — wie oben bemerkt wurde — meist nur ein Signalisieren von einem Orte des Hauses zu einem anderen, d. h. es soll mittels elektrischer Klingeln und Wecker am Empfangsorte ein deutlich hörbares Zeichen hervorgebracht werden, welches die Aufmerksamkeit des Dienstpersonals erregt und sie nach dem Aufgabeort herauruft. Hierzu sind nur Apparate von einfachster und solidester Konstruktion und Manipulation verwendbar.

1) Der einfachste von allen Telegraphenapparaten ist die **Läutetaste** für galvanische Ströme oder der **Drücker**; sie dient zum Schließen eines Stromkreises und kommt fast bei jeder elektrischen Telegrapheneinrichtung vor, ist aber je nach Art der Anwendung mannigfachen Abänderungen unterworfen.

---

nehmen ab mit der Temperaturzunahme, was für die Haustelegraphie von Wichtigkeit ist. Der Widerstand metallischer Leiter nimmt dagegen mit der Erhöhung der Temperatur zu. Für Drähte wie für Flüssigkeitsschichten ist er proportional ihrer Länge und umgekehrt proportional ihrem Querschnitt.

Als Maß für die Leitungswiderstände wählte Siemens den Widerstand, den ein Quecksilber-Prisma von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt dem Durchgange des Stromes bei 0° C. entgegensetzte. Dieses jetzt allgemein gebräuchliche Maß nennt man eine Siemens'sche Widerstandseinheit; kurzweg S. E.

Der Widerstand im Element heißt der wesentliche Widerstand, der Widerstand in der die Pole verbindenden Leitung der außerwesentliche Widerstand. Beide Widerstände, ausgedrückt in S. E., geben den reduzierten Widerstand.

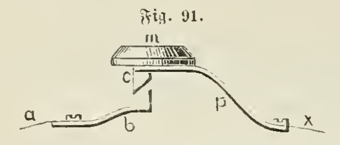
Eine in sich geschlossene Leitung nennt man einen **Stromkreis**. Bezeichnet dann S die Stromstärke, E die elektromotorische Kraft, w den wesentlichen und W den unwesentlichen Widerstand, dann ist bei geschlossenem Stromkreise

*) $$S = \frac{E}{w + W}{}^{1}.$$

Diese Formel nennt man das Ohm'sche Gesetz.

Fig. 91 zeigt den innern Mechanismus einer gewöhnlichen Taste. Die Federn b und p sind aus Neusilberblech hergestellt und werden mit den Enden a und x des Stromkreises fest verbunden. Indem man mit dem Finger auf den isolierenden Knopf m der Taste einen mäßigen Druck

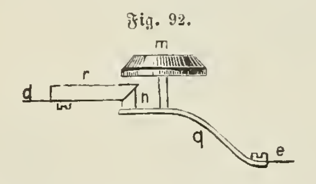
Fig. 91.



ausübt, wird der Kontakt c am Ende der federnden Schiene p auf den festliegenden Kontakt b niederbewegt und dadurch der Stromkreis a b c p x geschlossen. Bei Aufhören des Druckes unterbrechen die Federn von selbst den Strom. Man nennt dies Arbeitsstromschaltung.

Bei der sogenannten Ruhestromtaste (Fig. 92) ist dagegen der Strom beständig geschlossen und wird das Signal durch Stromunterbrechung gegeben, indem man

Fig. 92.



beim Telegraphieren mittels des Knopfes m auf die Feder q drückt. Es ist vorteilhaft, den Tasten eine solche Biegung zu geben, daß beim Niederdrücken der Taste eine Reibung bei n entsteht, welche die Flächen metallisch rein erhält.

Fig. 93 zeigt die Ansicht der Taste. Die Federn b und p (Fig. 91) werden auf einer in die Wand eingelassenen

Fig. 93.



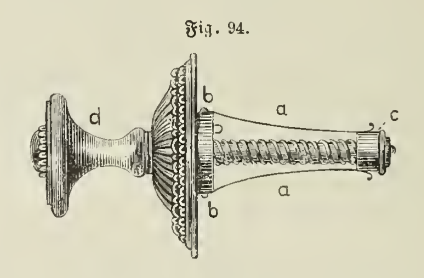
Platte befestigt und darauf wird der rosettenförmige Deckel aufgeschraubt, aus welchem der Druckknopf m hervorragt. Dieser Deckel wird in verschiedener Ausstattung geliefert. Je nach dem Preise, den man dafür anzulegen beabsichtigt, besteht er aus Holz, Horn, Elfenbein, Majolika, Porzellan oder Metall; im letzteren Falle wird er häufig vernickelt oder vergoldet.

Anm. Wird statt des Druckknopfes eine entsprechende Einrichtung in den Zimmerfußboden eingelassen, so nennt man dies einen Tretkontakt.

2) Die Zugkontakte unterscheiden sich im Äußeren nicht von den zu mechanischen Klingelzügen benutzten Vorrichtungen. Man bringt sie in der Regel außerhalb der Haus- und Korridorthüren an, und zwar liegt der Mechanismus hinter einer seitlich am Thüreingange aufgeschraubten Holz-, Marmor- oder Metallplatte. Für Hausthüren sind Zugkontakte jedenfalls den Drückern vorzuziehen, weil sie den mechanischen Klingelzügen mehr gleichen und einem Fremden, der mit der Einrichtung elektrischer Telegraphen nicht vertraut ist, leicht gestatten, sich bemerkbar zu machen, was bei Drucktasten nicht immer gelingt.

Fig. 94 stellt einen Zugkontakt mit verzierter und ciselierter Metallrosette für Korridorthüren dar. Der Zug-

Fig. 94.



knopf d wird auf einer 9 mm dicken Zugstange befestigt, deren Unterlagsplatte c aus Messing hergestellt ist. Unter dieser liegt ein kleiner Isolierungscylinder aus Hartgummi, an welchem im Ruhezustande die beiden Kontaktfedern aus Neusilberblech a a sich anpressen, während ihre Enden bei b b ebenfalls auf einer Hartgummi-Unterlage festgeschraubt sind. Hier findet auch die Verbindung der Kontaktfedern mit den beiden Leitungsdrähten statt. Sobald nun an dem Knopf d gezogen wird, kommt die Messingscheibe in leitende Verbindung mit den Federn a a und der Kontakt ist hergestellt. Nach Aufhören der Zugwirkung schnellt durch die Federkraft einer die Zugstange umgebenden Spiralfeder der Knopf in seine Ruhelage zurück, dadurch werden auch die Federenden wieder in Berührung mit dem Gummicylinder gebracht und der Strom ist also unterbrochen.

Fig. 95 stellt einen Zugkontakt mit isolierter Schale für Hausthüren dar.

Fig. 95.



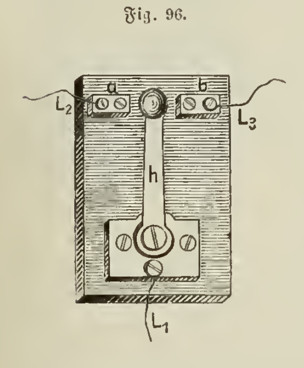
Hängende Tasten sind für Bureaux geeignet, wo sie über dem Pulte aufgehängt werden können; an Krankenbetten findet die sogenannte Birnentaste häufig Anwendung.

3) Transportable Drücker, transportable Kontakte werden durch weiche Leitungsschnur mit einem Ösenknopf verbunden und zur bequemen Handhabung an den gewünschten Ort gelegt; sie sind besonders für das Schreibpult, den Eßtisch und das Krankenzimmer geeignet.

4) **Thürkontakt.** Um Auskunft darüber zu geben, ob eine Thür (oder ein Fenster) geschlossen ist oder offen steht, bedient man sich einer Kontaktvorrichtung, welche an der Thür, bezw. der Thürbekleidung, aufgeschraubt wird und die Läutetaste (Fig. 92 oder 93) ersetzt, dabei in der einen Lage der Thür den Strom schließt, in der andern ihn unterbrochen hält. Es schellt dann die Klingel so lange, als die Thür geöffnet bleibt. Für Ladenthüren werden Streichkontakte verwendet, welche die Klingel nur so lange ertönen lassen, als die Thür während des Öffnens darunter hinwegstreicht.

5) Der Umschalter. Die Einrichtung zum Unterbrechen einer Leitung oder zum Einschalten einer neuen nennt man „Umschalter". In Fig. 96 sind die Leitungen L_2 und L_3 durch Schraubenklemmen mit den Plättchen a und b verbunden; auf letzteren schleift die Kurbel h. Wird die letztere nach links gedreht, so ist mit der allgemeinen Leitung L_1 die Leitung L_2 verbunden, wird sie auf b gestellt, so ist die Leitung L_3 eingeschaltet, und soll die Leitung ganz unterbrochen werden, so stellt man die Kurbel zwischen a und b.

Fig. 96.



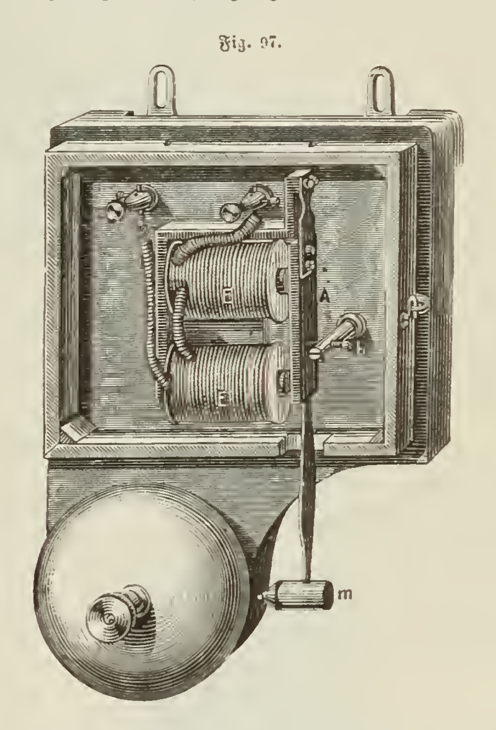
Ausschalter und Umschalter dienen hiernach zur Unterbrechung oder Ableitung des Stromes nach anderer Richtung und finden für Diebessicherungen und bei Telephonanlagen (§ 21) Anwendung.

B. Die Klingeln.

Bréguet's Klingel[1]) mit einfachem Schlage (Fig. 97). Diese sogen. einschlägigen Klingeln arbeiten ohne Triebwerk; für jeden einzelnen Schlag, den man hervorbringen will, muß daher der galvanische Strom einmal geschlossen und unterbrochen werden. Der an die Glocke schlagende Klöppel m wird dabei in einfachster Weise an dem verlängerten Anker A des Elektromagneten E E angebracht, und so oft ein Strom durch die Windungen desselben kursiert, wird der Anker angezogen und der Klöppel gegen den Rand der Glocke geschlagen.

Der Elektromagnet E E ist mit seinem Kerne auf einem gußeisernen Winkelstück befestigt, auf welchem auch die Feder des Ankers A angeschraubt ist. Übrigens kann durch die Anschlagschraube b die Bewegung des Ankers beliebig begrenzt werden, der im Ruhezustande die Feder am Anschlag b festhält. — Um einen reinen Ton der Glocke hervorzubringen, darf der Klöppel beim Anschlagen die Glocke nur durch eine geringe Durchbiegung des Schwengels erreichen.

Fig. 97.



Der Apparat wird von einem hölzernen Schutzkästchen, dessen Deckel in Fig. 86 fortgenommen gedacht ist, umschlossen und mittels Ösen an die Wand befestigt.

Anm. Läuteapparate mit Schalmeiglocken unterscheiden sich von den gewöhnlichen nur durch einen tieferen Ton.

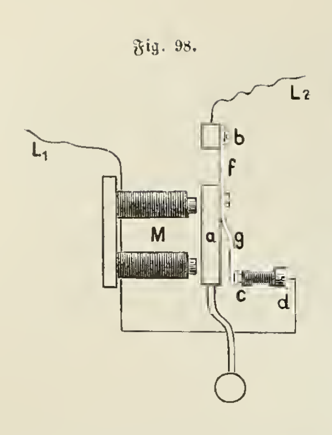
Rasselklingel mit Selbstunterbrechung.

Der durch einfache Einschläger hervorgebrachte Ton ist selten vernehmbar genug, um die verlangte Person aus weiter Entfernung heranzurufen: man wendet daher jetzt allgemein für diesen Zweck Rasselklingeln mit Selbstunterbrechung an. Die Konstruktion derselben weicht wenig von derjenigen des in Fig. 86 dargestellten Apparates ab.

In Fig. 98 bezeichnet M wieder den Elektromagneten, a den Anker mit Klöppel; letzterer wird von der bei b befestigten Feder f g getragen. An deren Ende bei c ist ein Platin-Kontakt angebracht, der in seiner Ruhelage an der Kontaktschraube d anliegt. Hierbei kursiert der Strom von L' durch die Windungen des Elektromagneten zur Kontakt-

1) Vergl. Dr. H. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph.

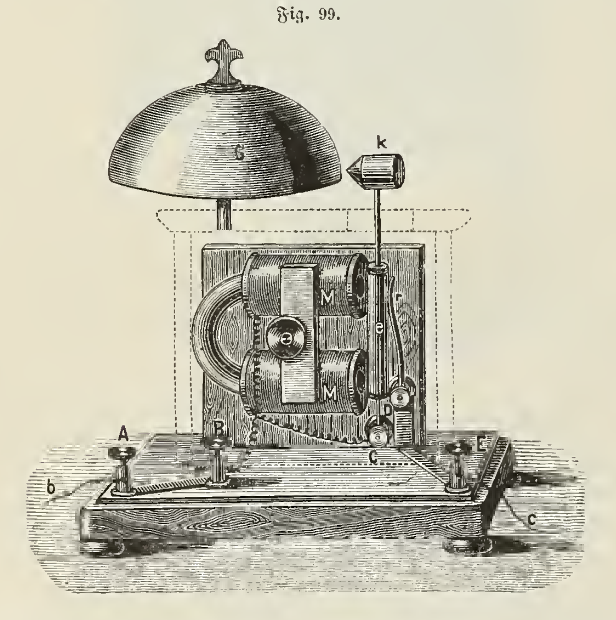
Fig. 98.



schraube d und geht von c durch die Feder g f und den Körper der Klingel zur Batterie zurück, der Strom ist also geschlossen, der Anker wird angezogen. Aber infolge dieser Bewegung verläßt die Feder g die Kontaktschraube und der Strom wird unterbrochen. Die Feder f g drückt den Anker, der nun nicht mehr angezogen wird, vom Elektromagneten ab und bringt ihn wieder in Berührung mit der Kontaktschraube, um den Strom aufs neue zu schließen. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, als der Kontakt im Knopfe anhält, man kann also nach Wunsch mit diesem Apparate andauernde Klingelsignale hervorbringen.

Fig. 99 stellt Bréguet's Rasselklingel dar. Hier geht der Strom aus b über A B durch den Draht des

Fig. 99.



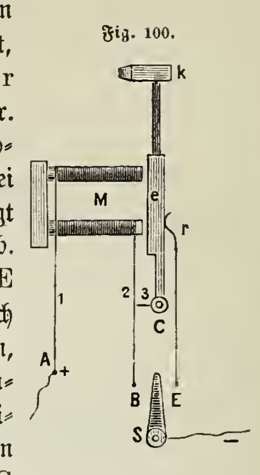
Elektromagneten M M über C und den Anker e nach r und den Klemmen D und E nach c; der Anker e führt bei dieser Bewegung den Klöppel k gegen die Glocke G, und der Strom unterbricht sich selbst, sobald der Anker e die Feder r verläßt.

Die einzelnen Teile des Klingelapparates werden auf einem Metallstück montiert und durch ein — in der Zeichnung punktiertes — Holzgehäuse geschützt.

C. Kombiniertes Schlag- und Klingelwerk.

Fig. 100 zeigt das Schema einer Drahtverbindung, mittels welcher es gestattet ist, den Signalapparat nach Belieben als Glocke mit einfachem Schlage oder als Lärmklingel mit Stromunterbrechung anzuwenden. Die Teile des Apparates sind dieselben, wie in Fig. 98; M ist der Elektromagnet, e der Anker, c dessen Drehpunkt, r die Kontakt- und Unterbrechungsfeder. Ein Ende der Drahtrolle des Elektromagneten ist bei A, das andere bei B befestigt; von diesem letzteren zweigt sich die Verbindung 3 nach C hin ab. Zwischen den Kontaktstücken B und E steht der Schieber S, den man nach Belieben auf B oder E rücken kann, während seine Achse mit dem negativen Pole, A dagegen mit dem positiven Pole der Batterie verbunden ist. — Steht nun der Schieber S mit B im Kontakt, so geht der bei A ankommende Strom über 1 durch die Drahtwindungen nach 2 und direkt über B und S zur Batterie, ohne die Unterbrechungsfeder r zu berühren.

Fig. 100.



Steht der Schieber S mit E im Kontakt, so geht der Strom über A, 1, Elektromagnet, 2, 3, C, e und die Feder r nach E und S, um von da die Leitung weiter zu passieren, der Apparat wirkt daher wie Fig. 98 mit Selbstunterbrechung, d. h. als Rasselklingel.

Die Anwendung von Doppelklingeln, die man zuweilen benutzt, um ein sehr starkes Geräusch zu erzeugen, indem man den Hammer gegen zwei Glocken schlagen läßt, hat sich in der Praxis keinen großen Eingang verschafft.

D. Läuteapparate mit Triebwerk,

zur Aufstellung in Fabriken, Schulen ꝛc. geeignet, erhalten — je nach den Zwecken, denen sie dienen sollen — die verschiedenartigsten Einrichtungen. Das Glockenwerk wird bald durch leichtere oder schwerere Gewichte, bald durch Federkraft in Bewegung gesetzt. Dabei giebt das Werk entweder nur einen einzelnen Schlag oder eine gewisse Anzahl von Schlägen. In allen diesen Fällen hat der elektrische Strom nur die Aufgabe, das im Ruhezustande auf irgend eine Weise gesperrte Werk auszulösen, und dies geschieht durch Einwirkung eines Elektromagneten auf einen Anker. Eine weite Verbreitung hat die Signalglocke mit einfachem Schlag- und Gewichtswerk von **O. Hagendorff** gefunden. Von Beschreibung derselben wird hier Abstand genommen und auf das Specialwerk von Dr. H. Schellen verwiesen.

E. Klingeln mit sichtbarem Signal (Signalscheiben).

Apparate dieser Art sind in allen den Fällen unentbehrlich, wo aus verschiedenen Räumen einer Etage

(oder eines Hauses) Signale gegeben werden, d. h. das Dienstpersonal durch dieselbe Klingel nach verschiedenen Zimmern herbeigerufen werden soll. Hier empfiehlt es sich, die Klingel mit einem sichtbaren und auch beim Aufhören des Läutens noch sichtbar bleibenden Signal auszustatten, um dadurch dem Gerufenen den Ort bestimmt zu bezeichnen, an welchem geläutet wurde. Die Signalscheiben sind gewöhnlich so angebracht, daß sie hinter der undurchsichtigen, aber mit Fensterchen versehenen Platte eines Tableaus sichtbar werden. Die Bewegung der Scheibe wird hierbei durch den elektrischen Strom selbst bewirkt, und zwar durch die Abstoßung eines magnetisierten Stahlankers, an welchem die Nummerscheibe befestigt ist. — Diese Signalscheibe bleibt sichtbar, bis der gerufene Bedienstete sie wieder einzieht.

In Fig. 101 und 102 ist die sehr gebräuchliche und bekannte Signalscheibe von O. Hagendorff dargestellt.

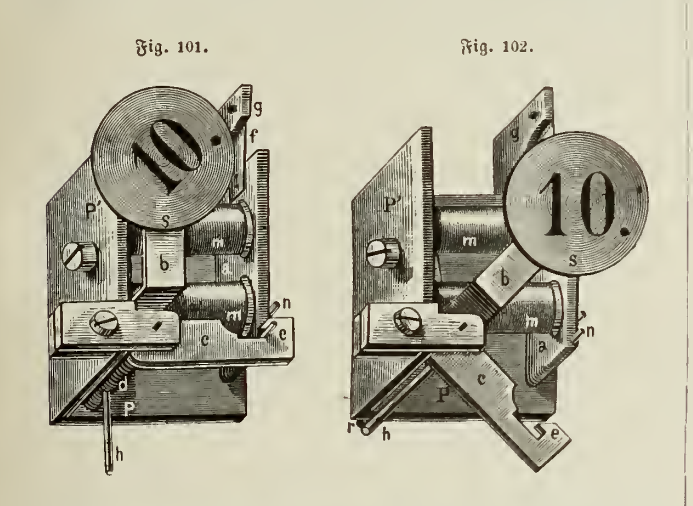


Fig. 101. Fig. 102.

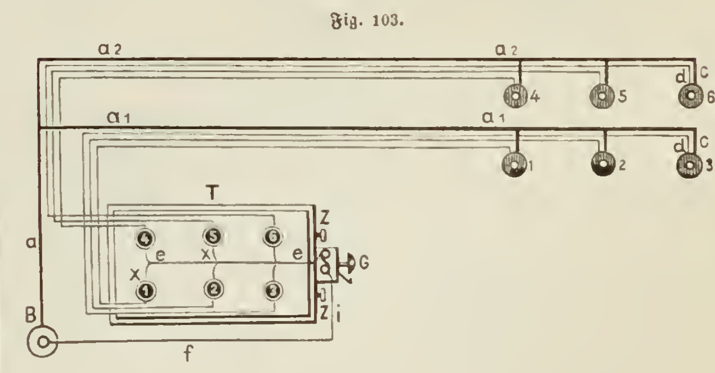
Die Kerne des Magneten m m sind an der Seitenwand P' von Gußeisen verschraubt, welche mit der Bodenplatte P ein Winkelstück bildet; letztere kommt bei Einfügung in das Tableau vertikal zu stehen. Vor den Polen des Elektromagneten ist der Anker a mittels einer flachen Abreißfeder f an dem Stück g befestigt und trägt am vorderen Ende einen kurzen Stift n, der zum Festhalten des Schneppers e dient, ein zweiter Stift verhindert das Ausweichen des Ankers nach rechts hin.

Der Schnepper e bildet das Ende eines Winkelhebels e c b, der sich um die wagrechte, in P ruhende, Achse d dreht und an seinem anderen Ende ein rundes Schildchen s von Papier (die sog. Nummerscheibe mit der Bezeichnung des Zimmers) trägt. Solange nun die Nase des Schneppers e vom Stifte n des Ankers festgehalten wird, steht der Arm des Schildchens s vertikal: sobald aber der Stift n die Nase e frei läßt, erhält der Arm c das Übergewicht und sinkt abwärts, den oberen Arm b mitnehmend. Dadurch kommt das Schildchen s in eine tiefere Lage vor einen kreisrunden Ausschnitt, der zu diesem Zweck in der Vorderplatte des Tableaus angebracht ist.

Die Wirkung eines solchen Zeichengebens ist hiernach leicht zu übersehen. Wird nämlich im Zimmer Nr. 10 durch Drücken auf die Läutetaste die Leitung der Batterie geschlossen, so cirkuliert der Arbeitsstrom in dem Signalgeber Nr. 10 des Tableaus um den zugehörigen Elektromagneten, die Pole desselben ziehen den Anker a an, der Stift verläßt den Schnepper e, die Nase wird frei und fällt mit dem Arm c herab, wobei die Scheibe s mit der Nummer 10 im Ausschnitt des Tableaus erscheint. Mit Aufhören des Druckes auf die Taste wird der Strom unterbrochen, m m verliert den Magnetismus und der Anker a tritt mit Hilfe der Abreißfeder f wieder in die alte Stellung zurück. Der Diener, durch das Ertönen der Glocke aufmerksam geworden, erblickt die signalisierte Nummer 10 und bringt sie in die Ruhelage zurück, was vermittelst einer am Tableau angebrachten Zugstange geschieht, welche den Stift r gegen den an der Achse d sitzenden Arm h von links nach rechts schiebt und dadurch den Arm c so weit emporhebt, bis die Nase e so hoch gekommen ist, daß der Stift über den Rücken des Schneppers gleitet, in die Lücke springt und den Hebel wiederum gefangen hält.

Eine vollständige Telegraphenanlage mit Hagendorff'schen Signalscheiben ist in Fig. 103 abgebildet. Die Glocke G ist hier an dem Tableaukästchen T befestigt; die gefallenen Scheiben werden mittels der beiden Zugstangen Z Z wieder aufgehoben. Von den sechs Läutetasten befinden sich 1, 2 und 3 im Erdgeschoß, 4, 5 und 6 in der Beletage. In

Fig. 103.



jedem Stockwerk läuft ein Draht (a_1, a_2) an der Korridordecke hin und vereinigt sich mit dem stärkeren Drahte a, welcher von dem einen Pol der Batterie kommt. Von den Drähten a_1 resp. a_2 gehen Nebendrähte (c, c) in die einzelnen Zimmer zu den Läutetasten, und zwar an das untere Metallstück derselben, während der von der oberen Kontaktfeder der Taste austretende Draht d nach dem einen Ende der Elektromagnetspulen läuft, durch welche die zugehörige Signalscheibe in Bewegung gesetzt wird. Das andere

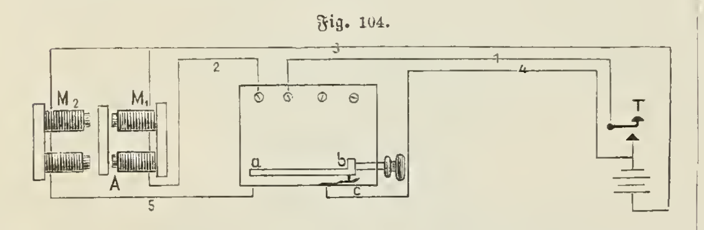
Spulenende ist durch einen Draht x an die Schiene e e gelegt und durch diese und den Glockenelektromagnet mittels des Drahtes i f mit dem zweiten Pol der Batterie verbunden. Sobald daher der Strom durch den Druck auf eine der Tasten geschlossen ist, tritt der Glockenelektromagnet in Thätigkeit und die Rasselklingel ertönt, während gleichzeitig auch der zu der gedrückten Taste gehörige Anker angezogen wird, der Arm des Winkelhebels herabfällt und die Scheibe im Ausschnitt des Tableaus erscheint.

Damit die Fallscheiben nicht versagen, wenn mehrere Tasten zugleich niedergedrückt werden, empfiehlt es sich, den Widerstand der Batterie und der Leitung möglichst klein zu machen, d. h. man wähle große Elemente, welche einen kräftig andauernden Strom liefern (Meidinger, Leclanché), und lasse die in § 18 über Schaltung der Elemente gegebenen Winke nicht außer acht.

F. Fortschellklingel in Verbindung mit einem Tableau.

Fortschellklingeln mit Triebwerk werden gern da angewendet, wo der Gerufene den Ort, an dem sich die Klingel befindet, zuweilen auf kurze Zeit verläßt. Ohne auf die Konstruktion des Uhrwerks hier näher einzugehen, geben wir in Fig. 104 die Anwendung dieser Klingel in Verbindung mit dem Tableau.[1])

Fig. 104.



A ist der Anker der Fortschelle, deren Magnetsystem abweichend von den vorigen konstruiert ist. Der Anker ist nicht mit Abreißfeder versehen, er bleibt an dem Magnet M_1 oder M_2 liegen, je nachdem der Strom durch diesen oder jenen geht. Wird die Taste T gedrückt, so geht der Strom von der Batterie über T, 1, die Tableaunummer, 2, M_1 und durch den Draht 3 zur Batterie zurück, der Anker wird vom Magneten M_1 angezogen und dadurch das Triebwerk ausgelöst, die Glocke ertönt also so lange, bis die gerufene Person das Signal vernommen hat, an der Signalscheibe abliest, wo gerufen worden ist, und nun durch einen Zug an der Abstellstange a b den an derselben angebrachten Kontakt schließt. Hierdurch aber wird der Strom auf einen anderen Weg geleitet: er geht nun durch den Draht 4 über den Kontakt c in die Stange a b und durch den mit derselben verbundenen Draht 5 zum Elektromagneten M_2 und über 3 zur Batterie zurück. Der Anker wird jetzt von M_2 angezogen und dadurch das Triebwerk wieder arretiert.

1) Aus Scharnweber, Die elektrische Haustelegraphie.

§ 21.

Anlage und Einrichtung der Hausleitungen.

Sobald das Programm der beabsichtigten Telegraphen-Einrichtung aufgestellt ist und dieses mit den der Technik zu Gebote stehenden Mitteln praktisch realisierbar erscheint, auch über das Prinzip der Anlage eine Einigung mit dem Auftraggeber erzielt ist, muß zunächst der Grundriß der mit Telegraphenleitung zu versehenden Lokalitäten aufgetragen werden, um hiernach ein Schema für die Gesamtanlage ausarbeiten zu können. Dieses Schema soll die wirkliche Anlage mit allen Einzelheiten möglichst genau darstellen und erleichtert die Montage wesentlich; für den mit Ausführung von Reparaturen betrauten Arbeiter wird solcher Entwurf sogar von unschätzbarem Nutzen sein: derselbe ist daher für eventuelle Fälle aufzubewahren.

Dem Tableau ist ein möglichst günstig gelegener und hinreichend beleuchteter Platz einzuräumen, damit das gerufene Dienstpersonal an demselben ohne Umwege vorbeipassieren und es jederzeit im Auge halten kann (Dienerzimmer, Korridor, Anrichteraum). Wegen bequemer Abstellung der gefallenen Nummern darf das Tableau nicht zu hoch hängen. Die Klingel wird gewöhnlich über dem Tableau angebracht, wenngleich nicht in allen Fällen; sie muß aber stets hoch hängen, damit der Klöppelhebel nicht durch mutwillige Hände verbogen werden kann. Befinden sich zwei Klingeln in demselben Rayon, so giebt man ihnen verschiedenen Ton, oder läßt die eine als Rasselklingel, die andere als Einschläger wirken. Bei den Haustelegraphen der Mietswohnungen hat sich hierorts ein gewisses Schema herausgebildet: beim Druck (oder Zug) auf die Taste am vorderen Eingang zur Wohnung giebt im Entree ein „Einschläger" das Signal, während gleichzeitig in dem entfernt gelegenen Dienerzimmer resp. Korridor eine Rasselklingel über dem Tableau kräftig ertönt und die Nummerscheibe mit der Inschrift „Entree" am Fensterchen des Tableaus erscheint. Der Diener wird hiernach das Signal vernehmen, ob er sich nun im vorderen Teil der Wohnung oder in den entfernteren Räumen derselben befindet.

Die Läutetasten werden in den Zimmern meist in Brusthöhe an der Wand neben dem Thürfutter angebracht, je nach Bedürfnis lassen sie sich aber auch in der Nähe des Schreibtisches oder sonstwo anbringen: so als Hängetasten über dem Eßtisch, als Birnentaste im Schlafzimmer, als Tretkontakt in der Portierloge u. dergl. m. Vergl. § 20, A, 1—3.

Die Befestigung der Apparate geschieht gegen Holzwände mittels Anschrauben; bei Backsteinmauern werden

an der gewählten Stelle Holzdübel eingegipst und, nachdem der Gips trocken geworden, der Apparat an diese festgeschraubt.

Zur Aufstellung der Batterie wählt man gern unbewohnte Räume (Kammern, Klosetts u. dergl.); um sie vor äußeren Beschädigungen oder Erschütterungen zu bewahren, ist dieselbe in einem festen Holzspind einzuschließen.

Zur Leitung des Stromes wird, wie oben erwähnt, umsponnener Kupferdraht von 0,8—1,0 mm Stärke verwendet. Sind die Zimmer bereits tapeziert, so giebt man dem Drahte die Farbe der Tapete, damit er möglichst wenig ins Auge fällt. Während sich in feuchten Räumen Guttaperchadraht empfiehlt, hat sich an trocknen Orten in Wachs getränkte Baumwolle zur Umhüllung bewährt, weil Guttapercha in der Wärme leicht brüchig wird.

Die Befestigung der Drähte an der Wand erfolgt mittels verzinnter Eisenstifte in der Art, daß man den Draht um den Stift einmal umschlingt. Beim Einschlagen des Stiftes darf der Draht keinesfalls beschädigt werden. Da in den Korridoren in der Regel mehrere Drähte hinlaufen — was, beiläufig bemerkt, in etwa 0,5 m Abstand von der Decke geschieht —, so sollen dieselben überall je einen Centimeter voneinander entfernt bleiben. Man könnte die Drähte zwar in ein Bündel vereinigen, dies würde aber die Übersichtlichkeit der Leitung bedeutend vermindern und bei Reparaturen außerordentlich unbequem sein. Aus diesem Grunde legen manche Fabrikanten die Drähte nicht unter die Tapete und verkleben sie nicht, damit sie stets zugänglich bleiben. Wenn der Draht an der Bordüre und in gleichem Farbenton entlang geführt wird, macht er sich überdies kaum bemerkbar, aber die Enden, welche rechtwinklig nach den Tasten und Apparaten hinuntergeführt werden, fallen mehr oder weniger ins Auge, selbst wenn sie die Farbe der Tapete haben.

Bei Neubauten werden kleine Rinnen in den Putz gezogen und dort, zur Sicherheit mit Guttaperchapapier umwickelt, eingelegt. Das Verputzen der Rinnen geschieht mit Gips oder magerem Kalk. — Wo die Drähte Gasröhren passieren, sind sie durch Unterlagen von Holz und Guttapercha gut zu isolieren.

Zur Durchführung der Drähte durch Wände werden Porzellan-Einführungstüllen gebraucht, und bei sehr feuchten Wänden wird die Leitung über Isolierrollen von Porzellan geführt.

Bei Herstellung von Drahtverbindungen und Abzweigungsstellen müssen die Enden von der Isolierung befreit, gut zusammengeflochten und dann wieder mit erwärmtem Guttaperchapapier sorgfältig umhüllt werden. Den Arbeitern ist das Befreien der Drahtenden von der Umhüllung mit einem Messer oder mit dem Schaber zu untersagen, weil dadurch leicht Brüche in die Drähte kommen, welche spätere Störungen veranlassen können: die Umspinnung muß vielmehr mit der Flamme zerstört werden.

Die in Klemmen und unter die Knöpfe zu führenden Drahtenden werden ebenfalls von der Isolierung befreit und außerdem metallisch rein gekratzt.

Bei Anwendung von Birnentasten sind metallische Zuführungen wegen der häufigen Bewegung leicht dem Bruch ausgesetzt: aus diesem Grunde wendet man für genannten Zweck meistens Leitungsschnüre an, d. h. Seile aus dünnen Kupferdrähten, welche mit Seide umsponnen sind.

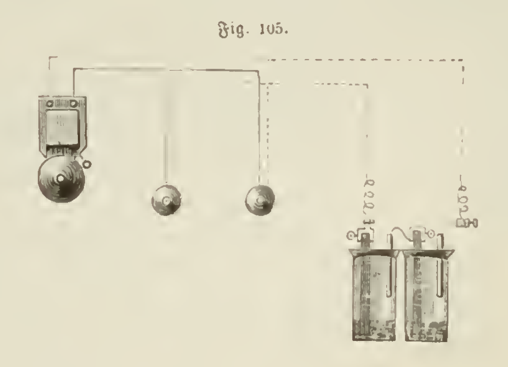
Läuft die Leitung eine kurze Strecke im Freien, etwa von einem Gebäudeflügel zum anderen, so bedient man sich des geteerten Guttaperchadrahtes; sind Stützpunkte an der Mauer vorhanden, so hängt man die Drähte in emaillierten Haken auf, während sie in der Mauer von einer Ebonitröhre (vulkanisiertem und horniertem Kautschuk) umschlossen werden.

Zu längeren Luftleitungen wendet man gute, zähe Eisendrähte von 2,5—4,0 mm Stärke an, die auf Isolatoren verlegt werden. Die Drähte werden nicht isoliert, wohl aber mit einer Ölschicht überzogen oder — zum Schutz gegen Witterungseinflüsse — verzinkt. Als Isolatoren werden Porzellanglocken verwendet, wie solche für die Staats-Telegraphenleitungen in Gebrauch und allgemein bekannt sind.

Zum besseren Verständnis der in diesem Abschnitt gegebenen Erläuterungen fügen wir einige Schemata für einfache elektrische Anlagen bei.

I. Fig. 105 giebt das Schema der einfachsten Anlage eines elektrischen Telegraphen, bestehend aus einer Batterie, einer Klingel und einer beliebigen Anzahl von Läutetasten.

Fig. 105.



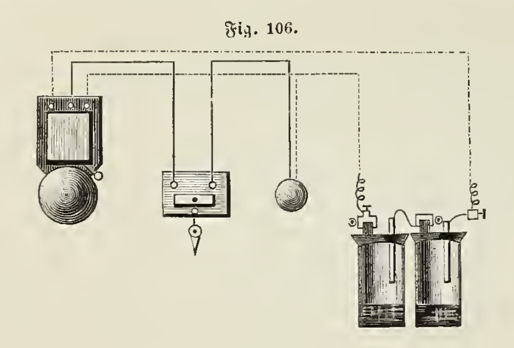
Der erste Leitungsdraht wird direkt vom Zinkpol des Elementes zu der Klingel geführt; der zweite Draht verbindet die Kontaktfelder sämtlicher Tasten (Knöpfe) mit dem positiven (Kohlen-) Pol der Batterie, der dritte Draht verbindet die andere Kontaktfeder mit der Klingel. Bei einem auf die Taste ausgeübten Druck geht also der Strom vom Zinkpol durch die Glocke und die Taste zum Kohlenpol zurück.

Es können auch gleichzeitig mehrere Klingeln einge-

schaltet werden, es wird dann mit der Ableitung der beiden Drähte, welche zu den anderen Klingeln führen, in derselben Weise verfahren.

II. Fig. 106 zeigt das Schema einer Anlage mit Fortschellklingel. Vom Zinkpol führt der Draht direkt

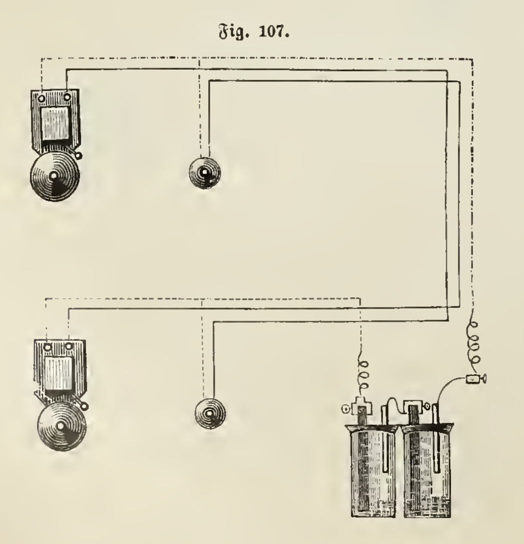
Fig. 106.



zur Glocke, der Draht vom Kohlenpol geht ebenfalls zur Glocke und ist auch zur Taste abgeleitet. Der zweite Tasterdraht geht durch den Ausschalter nach der mittleren Klemme der Glocke, in welcher durch Kontakt Schluß der Leitung hervorgebracht wird. Dieser Umschalter ist namentlich dann erforderlich, wenn statt der Taste ein Thürkontakt für Diebessicherung eingeschaltet ist, welcher zeitweise außer Thätigkeit gesetzt werden soll.

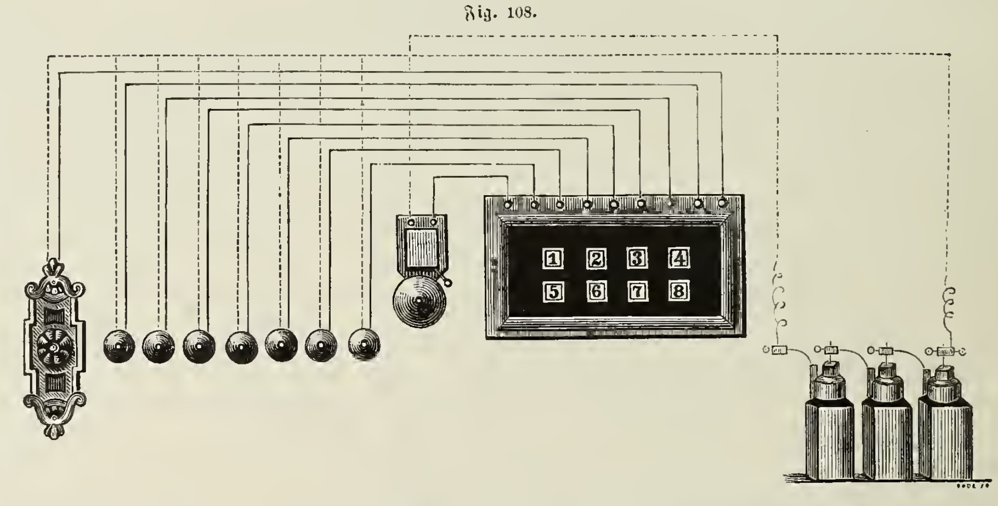
III. Schema für Korrespondenz-Leitung. Die Anlage, welche Fig. 107 darstellt, dient zur gegenseitigen Verständigung von zwei entfernten Räumen in einer oder in zwei verschiedenen Etagen. Der Draht vom Zinkpol führt nach der Glocke der oberen Etage und nach der oberen Läutetaste, der Draht vom Kohlenpol nach der unteren Glocke und der unteren Taste. Von der zweiten Feder des unteren Knopfes führt ein Draht nach der oberen Glocke und umgekehrt von der zweiten Feder des oberen Knopfes nach der unteren Glocke. Durch einen Druck auf den unteren Knopf klingelt daher die obere Glocke und umgekehrt. Auf diese Weise läßt sich also mit Leichtigkeit ein Rückantwortsignal nach jeder der beiden Richtungen erteilen.

Fig. 107.



IV. Fig. 108 zeigt endlich ein Schema für Tableaux-Anlagen. Der Draht wird vom Kohlenpol der Batterie nach sämtlichen Knöpfen geführt. Vom Zinkpol geht der Draht direkt nach der einen Polklemme des Glockenelektromagneten. Die erste Klemme auf der linken Seite des Tableaus ist die allgemeine mit der Glocke verbundene,

Fig. 108.



während die übrigen Tableau-Klemmen mit den zugehörigen Drucktasten in den verschiedenen Zimmern der Etage und mit dem Zugkontakt der Entreethür in Verbindnng stehen.

§ 22.

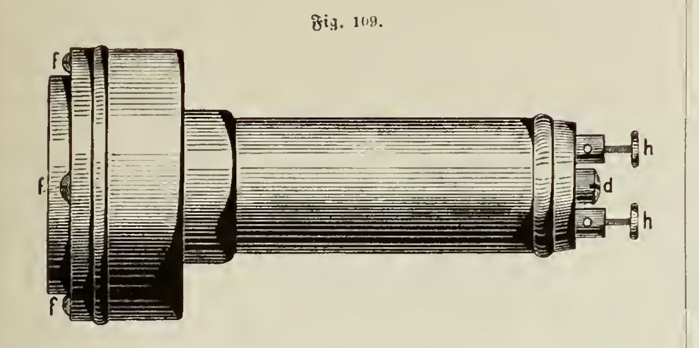
A. Der telephonische Sprechapparat.

I. Alexander Graham Bell, Professor der Physiologie an der Universität zu Boston, nahm am 6. April 1875 sein erstes Patent auf Herstellung eines von ihm erfundenen sprechenden Telephons, welches durch Magnet-Induktionsströme funktioniert und gerade deshalb eine außerordentliche Einfachheit und Handlichkeit zeigt. Dieser Apparat erfuhr im Laufe der nächsten beiden Jahre noch mannigfache Verbesserungen, und Graham Bell's letzte Versuche führten zu derjenigen Form, in welcher sein Telephon nach Europa gebracht wurde. Diese Konstruktion ist in Fig. 109 und 110 etwa in halber Naturgröße dargestellt.

Auf dem dickeren Ende U U des ausgedrehten Holz-

rohres c c (Fig. 110) ist das Mundstück V V mit vier Schrauben f f befestigt; in seinem Centrum befindet sich

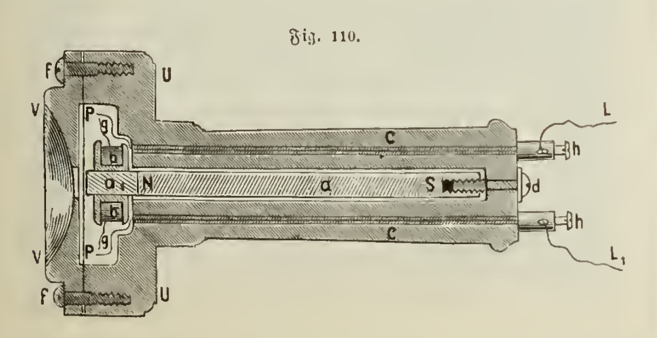
Fig. 109.



eine runde Öffnung von 15 mm Durchmesser, und zwischen V V und U U ist eine Membran p p von dünnem Eisenblech mit ihrem Rande festgeklemmt, während sie sich in der Mitte durchbiegen, also frei schwingen kann. In der Höhlung des Rohres c c liegt ein Stabmagnet a, der durch die Schraube d im Rohre festgehalten wird. Auf dem Nordpol N des Magnetstabes ist ein Stück weiches Eisen a_1 aufgesetzt, über welches die, aus 800—900 Windungen feinen Kupferdrahtes gebildete Spule b b aufgesteckt wird, wie Fig. 111 veranschaulicht. Die Drahtenden sind mit den dickeren Leitungsdrähten g, g, welche zu den Klemmschrauben h, h führen, verlötet. Das Polende a_1 des Magneten läßt sich mittels der Schraube d in die wirksamste Entfernung (1—2 mm) von der Membran P P bringen. In dieser Lage vor dem Magneten wird auch das Metallplättchen P P durch Verteilung magnetisch, und daher wird sie beim Hineinsprechen ins Telephon durch die Luftschwingungen gleichfalls in Schwingungen versetzt, d. h. sie wird bald dem Pole genähert, bald davon entfernt. Dadurch aber ist eine abwechselnde Verstärkung und Schwächung des Magnetismus der schwingenden Membran bedingt, was wiederum Induktionsströme in den Windungen der Umwickelung zur Folge hat.

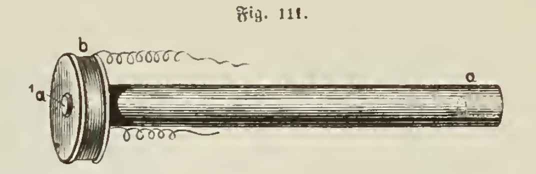
Die Enden L L des Spulendrahtes sind nun durch zwei Leitungsdrähte mit den Spulenenden des korrespon-

Fig. 110.



dierenden Telephons verbunden: es umkreisen daher die Induktionsströme auch den Magnetpol des anderen Telephons, ziehen umgekehrt bei jeder Verstärkung der Anziehung das zugehörige Eisenblech näher an den Magnet heran und

Fig. 111.



lassen es bei der darauf folgenden Schwächung wieder zurückgehen. Auf diese Weise gerät die Membran des Korrespondenz-Telephons in ebensolche Schwingungen wie die zuerst durch das Sprechen angeregte Membran, und diese Schwingungen sind kräftig genug, um am Empfangsorte ausreichend lebendige und durchs Ohr wahrnehmbare Schwingungen zu erzeugen. Hierbei wird nicht nur die Höhe und Tiefe der Töne, sondern auch die Klangfarbe und Besonderheit der Stimme wiedergegeben. — Beim Hineinsprechen in das Telephon hält man den Mund in mäßiger Entfernung vom Mundstück und beim Hören ist das Mundstück fest aufs Ohr aufzusetzen. Die Länge der Leitung hat auf die Deutlichkeit der wiedergegebenen Worte keinen besonderen Einfluß.

II. Löffeltelephone. Das vorbeschriebene Telephon wird einpolig genannt und findet für kurze Leitungen mit Vorteil Verwendung. Die Wiedergabe der menschlichen Stimme ist deutlich, bekannte Personen sind sofort an der Stimme erkennbar. Für den Fernverkehr verwendet man aber doppelpolige Telephone und zur Zeit hauptsächlich das gestielte oder Löffeltelephon (Fig. 112). Dasselbe erhält statt eines geraden Magnetstabes einen hufeisenförmigen Magneten, auf dessen Pole je eine Drahtrolle mit weichem Eisenkern aufgesetzt ist. Vor den Polen der Kerne befindet sich die Membran, welche auf dem cylindrischen Holzstück aufliegt und durch das Mundstück mit Schrauben festgehalten wird.

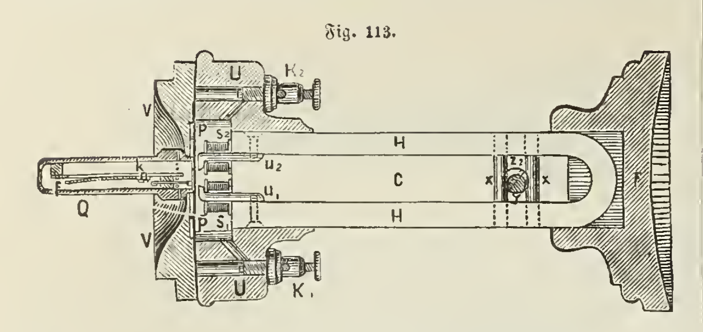
Fig. 112.



III. Telephon mit Rufapparat von Dr. Werner Siemens (Fig. 113). Eine ungleich stärkere Wiedergabe der telephonierten Worte erreichte Siemens dadurch, daß er an Stelle des Stabmagnets einen kräftigen Hufeisenmagnet verwendete. An den Polen des Hufeisenmagnets HH sind die flachen Eisenkerne u^1, u^2 aufgeschraubt und an Stelle der runden Spulen des Bell'schen Telephons treten hier die beiden mit feinem Kupferdraht bewickelten Rahmen s^1 und s^2. Diese Form des Magnetsystems ist deshalb ge-

wählt, weil die Einwirkung der Ströme auf einen umkreisten Kern um so schwächer ist, je schneller dieselben auf-

Fig. 113.



einander folgen und je mehr Masse der Kern hat: man gab also dem Kern wenig Eisenmasse, was durch den Bandeisenkern u^1 resp. u^2 erreicht wurde.

Wie bei anderen Telephonen, so wird auch hier die Eisenscheibe P P durch das Mundstück V V an die Kapsel U U gepreßt. Im Magnet sind zwei Stifte x x befestigt, zwischen denen ein Excenter y angebracht ist, welches Führung im Holzrohr hat und mittels eines Schraubenziehers gedreht werden kann, wodurch die Magnetpole der Scheibe P genähert oder von ihr entfernt werden können. K_1 und K_2 sind die Zuführungsklemmen für die anzuschraubenden Leitungsdrähte.

IV. System **Hartmann & Braun** in eleganter Uhrform. Das Telephon enthält vier halbringförmige Magnete mit zwei Polschuhen. Die von derselben Firma konstruierte Telephon-Station zeichnet sich durch wirksame Anrufvorrichtung aus.[1])

B. Das Mikrophon.

Die Erfindung des Mikrophons ging hervor aus dem Bestreben, die Deutlichkeit der Wiedergabe der gesprochenen Worte zu erhöhen, und da jene mit der Länge der telephonischen Leitung abnahm, sie auch für weite Entfernungen nutzbar zu machen. Nun erzeugt die elastische Membran bei den Telephonen einen schwachen, elektrischen Strom und giebt ihm die zur Wiedergabe nöthigen Schwankungen in seiner Stärke. Es lag daher der Gedanke nahe, der Membran eine Hälfte ihrer Aufgabe abzunehmen und dem Telephonsystem die elektrische Energie eines konstanten Elementes zuzuführen, d. h. beständig einen elektrischen Strom kursieren zu lassen, in welchem die elastische Platte nur die erforderlichen Veränderungen hervorzubringen hat. Darauf beruht aber die Wirkung der Telephone.

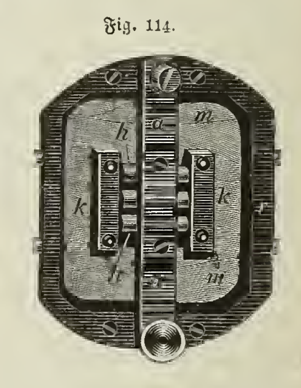
Der erste, dessen Versuche in diesem Sinne zum Ziele führten, war Professor **Hughes** 1871; er nannte seinen Apparat „Mikrophon", und mit demselben konnte er Töne zartester Natur, die das unbewaffnete Ohr nicht erregen, deutlich vernehmbar machen. Das Prinzip, das dem Apparat zu Grunde liegt, ist einfach. Man denke sich einen Stromkreis an einer Stelle durchschnitten, doch so, daß die Enden in loser Berührung bleiben. An dieser Trennungsstelle findet ein durch die Leitung geschickter Strom erheblichen Widerstand (Übergangswiderstand). Aber auch die unbedeutendste Erschütterung an dieser Stelle bewirkt Änderungen im Übergangswiderstand und ruft dadurch Stromschwankungen hervor. Legt man nun die Trennungsstelle so an, daß die Schwingungen der Membran die Erschütterungen bewirken, so hat man den Zweck erreicht. — Hughes benutzte dieses Prinzip und schaltete in den Stromkreis einen losen Kohlen-Kontakt ein.

Das Mikrophon hat seit seiner Erfindung die bedeutendsten Wandlungen in Bezug auf seine Form durchgemacht.

Am meisten verbreitet sind in Deutschlnd, England, Niederland, Rußland die Mikrophone nach dem System **Blake**, während Frankreich und die südeuropäischen Staaten solche nach dem System **Ader** vorziehen.

Die zur Zeit gebräuchlichste Konstruktion des Mikrophons ist in Fig. 114 dargestellt.

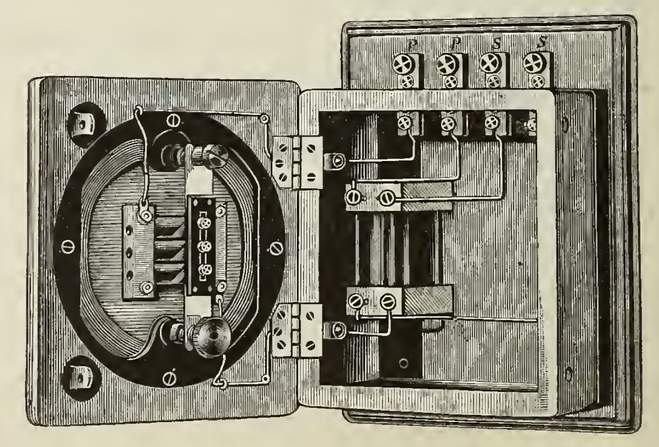
Fig. 114.



Der gußeiserne Rahmen r dient als Fassung für die Holzmembran m. Auf dieser sind zwei kleine Kohlen-Balken k k befestigt, welche die Endzapfen der drei cylindrischen Kohlenstäbe h, h, h tragen, die mit hinreichendem Spielraum gelagert sind.

Das Mikrophon wird nun in einem Holzgehäuse

Fig. 115.



(Fig. 115), und zwar auf der Rückwand der Thür desselben, die, wie jenes Telephongehäuse, mit einem Mundstück und

1) Vergl. C. Erfurth, Haustelephonie, Fig. 170 bis 174. Das Gehäuse besteht aus Metall, das Mundstück aus Hartgummi.

Öffnung versehen ist, untergebracht. Im Gehäuse befindet sich der Induktions-Apparat und darüber die vier Zuleitungs-Klemmen. Die äußeren Klemmen sind mit den Thürscharnieren des Gehäuses und der primären Rolle verbunden, die inneren Klemmen stehen in Verbindung mit der sekundären Rolle der Leitung und der Rückleitung resp. der Erdleitung.

Das Handtelephon, auch Mikrophon genannt, wird nicht an einem besondern Umschalter-Hebel aufgehängt, sondern es enthält den selbstthätigen Umschalter im Handgriff. Dieser ist so konstruiert, daß er nur beim Gebrauch in Thätigkeit tritt. Während der Nichtbenutzung kann der Apparat beliebig auf dem Schreibtisch stehen. Die Läutetaste ist auch am Griff angebracht.

C. Telephonleitungen.

Die Details der Anlage richten sich nach der Längenausdehnung der Leitung und nach den lokalen Bedürfnissen. Für lange Entfernungen empfiehlt sich eine oberirdische Leitung aus 1 mm starkem, verzinktem Eisendraht[1]) oder Stahldraht oder solcher aus Kupferbronze und Silicium-Silberbronze auf Isolatoren.

Im allgemeinen sind zwei Leitungen nötig, deren Enden auf jeder Station mit den an jedem Telephon vorhandenen beiden Klemmen K_1 und K_2 (Fig. 113) zu verbinden sind.

Als Leitungsmaterial in bedeckten Räumen dient Doppeldraht, wovon das Meter zu 10 Pfg. berechnet wird.

Im Freien, also für die Luftleitung, kommt verzinkter Eisendraht oder Kupferbronze-Draht 2 mm stark zur Verwendung.

Diese Leitungsdrähte werden an Porzellan-Isolatoren befestigt. Ein solcher Isolator besteht aus einer Doppelglocke von Porzellan, welche auf einer eisernen Stütze sitzt. Da an die inneren Wandflächen der Glocken Feuchtigkeit nicht dringen kann, so ist eine Überleitung des Stromes vom Draht auf die Stütze und weiter durch die Stange, die Mauer oder dergl. zur Erde verhindert. Da das Porzellan ein Nichtleiter ist, wird der außerhalb um die Glocke geschlungene Draht vollständig isoliert. Diese Glocken werden an Mauern, Dachgesimsen, Dachfirsten oder eisernen Telephongestängen befestigt. Im Holz werden die Enden der Glockenstützen eingeschraubt, im Mauerwerk eingegipst und bei eisernen Gestängen angeschraubt.

Die Einführung der Luftleitung auf die isolierte Innenleitung, d. h. die Einführung der Leitungen durch die Mauer ins Innere, erfordert besondere Vorsicht. Gewöhnlich wird der Draht so geführt, daß er oberhalb unter dem Fensterbogen das Rahmenholz des Fensters oder das Fensterfutter durchdringt und dann im Innern aufwärts zur Decke und sodann je nach Bedarf horizontal bis dahin geführt wird, wo das Telephon angebracht werden soll. Das Einlegen der Drähte in Putzrillen und Verputzen derselben ist unstatthaft, ja man soll die Leitungen sogar nicht unter die Tapeten legen, weil hierdurch die Auffindung von Fehlern in der Leitung erschwert wird. Für besondere Fälle benutzt man die sog. Isolier-Leitungsrohre von Bergmann, die weder durch Säuren noch durch Ätzkalk angegriffen werden. Mittels solcher Rohre kann man Drähte sicher verlegen und gegen Temperatur-Einwirkungen schützen.

Die Verbindung zweier isolierten Haus-Leitungen geschieht in der Weise, daß man die beiden zu verbindenden Enden von der isolierenden Umkleidung freimacht, mit Schmirgelpapier blank macht, sie in entgegengesetzter Richtung nebeneinander legt und fest zusammendreht (würgt). Die blanke Verbindungsstelle wird dann noch mit Guttapercha-Papier spiralförmig umwickelt. Ähnlich ist das Verfahren, wenn eine Haupt- und eine Nebenleitung zusammentreffen.

Die Erdleitung. In Häusern mit Wasserleitung bietet diese eine bequem zu erreichende Rückleitung. Der Erddraht des Apparates wird nämlich an das nächste Wasserrohr geführt, mehreremal herumgewunden und dann festgelötet.

Wo Wasserleitung im Hause nicht vorhanden ist, da werden die mit der Erde zu verbindenden Leitungen bis in das Grundwasser hinabgeführt oder, wo ein Brunnen vorhanden ist, in den Kessel des Hausbrunnens hinabgeleitet. Zu dem Ende wird aus mehreren 2,5 mm dicken, verzinkten Eisendrähten ein Seil geflochten, das eine Ende zu einem Ringe gewickelt und dieser in den Brunnen gesenkt. Dies Seil wird andererseits bis ins Gebäude eingeleitet und dort mit einem Kupferdraht verlötet, der mit den telephonischen Apparaten an Stelle der Rückleitung in Verbindung gebracht wird.

Pneumatische Haustelegraphen und Sprachrohre.

§ 23.

Die Wirkung pneumatischer Telegraphen beruht auf der Erzeugung und Fortpflanzung des Druckes der komprimierten Luft mit Hilfe einer Leitung enger Metallröhren. Wird nämlich ein am vordern Ende der pneumatischen Leitung angebrachter und je nach Erfordern geformter Gummi-Luftbehälter zusammengedrückt, so wirkt die Luftkompression auf den am andern Ende derselben befindlichen Gummipilz, der hierbei aufgeschwellt wird, und dadurch kann mit Hilfe eines Hebelwerkes entweder eine Klingel direkt angeschlagen oder die Auslösung eines Läutewerkes bewirkt und gleichzeitig ein „Nummer-Apparat" in Thätigkeit gesetzt werden.

1) Wo der Draht Stößen ausgesetzt ist, wird er 1,5 bis 2 mm dick genommen.

Geschichtliches. Der Gedanke, Signalapparate herzustellen, bei welchen als Triebkraft lediglich die am Aufgabeorte bewirkte Luftkompression wirkt, rührt von dem schwedischen Grafen A. M. Sparre her, dessen Erfindung in Frankreich patentiert wurde. Es datiert dies Patent (vergl. Brévets d'invention 1864, Tome 90) vom 1. September 1864.[1]) Graf Sparre verkaufte dasselbe an M. Walcker in Paris, der in den Jahren 1867 und 1868 noch mehrere französische Zusatzpatente erhielt; sein Antrag auf Patentierung des Systems in Preußen wurde jedoch abgelehnt. — Inzwischen hatte ein erster praktischer Versuch zur Einführung der atmosphärischen Telegraphen im Hotel des Baron von Rothschild in Paris stattgefunden, dem bald auch zahlreiche andere folgten.

In Deutschland hat sich nun die Einführung der pneumatischen Telegraphen der Mechaniker A. Schädel aus Berlin, der unter Sparre's Leitung in Paris gearbeitet hatte, verdient gemacht, denn die erste Versuchseinrichtung, welche der erstere im Hotel de Rome zu Berlin getroffen hatte, war von derartigem Erfolge gekrönt, daß der Firma Töpfer & Schädel die vollständige Telegrapheneinrichtung des „Hotel d'Angleterre" übertragen wurde (Oktober 1866). — Von dieser Zeit ab fand die pneumatische Telegraphie hier und anderwärts eine schnelle Verbreitung und verdrängte durch ihre Vorzüge die mechanischen Klingelzüge mehr und mehr. Nicht allein für alle einfacheren Anlagen, wie solche in Wohngebäuden vorkommen, sondern auch für öffentliche Gebäude und komplizierte Hoteleinrichtungen — so im Hotel „Kaiserhof" zu Berlin mit 250 Zimmern — hat das System seine Anwendbarkeit erwiesen.

Die Anlage der pneumatischen Telegraphen ist an sich einfacher als die der elektrischen, weil als Triebkraft lediglich der am Aufgabeorte ausgeübte Druck wirkt, welcher sich für mittlere Entfernungen fast momentan auf die Endpunkte der Leitung überträgt. Werden jedoch von einem und demselben Luftbehälter aus nach mehreren Apparaten Ableitungen angebracht, so wird bei gleichzeitigem Signalisieren die Wirkung des Druckes erheblich geschwächt; auch erfordert für Distanzen über 60 Meter die Fortpflanzung des Druckes eine gewisse, wenngleich kurze Zeit. Als Resultat der Erfahrung wird für die angemessensten Grenzen des Systems folgendes festzuhalten sein:

Die pneumatischen Telegraphen funktionieren am sichersten, wenn die Zahl der Endpunkte einer und derselben Leitung nicht über drei hinausgeht und die Leitungslänge bei einfacher Anlage 100 Meter nicht überschreitet.[2])

Das System.

Die Rohrleitung. Das zur Anwendung kommende Leitungsrohr ist verzinntes Bleirohr von 3 mm lichter Weite und 1,5 mm Wandstärke und kommt bei Neubauten in den Wandputz zu liegen. Zu dem Ende wird etwa 30 cm von der Decke entfernt eine Rinne von solcher Breite in den Putz geschnitten, daß die Leitungen nebeneinander verlegt werden können. Die Befestigung der Röhren geschieht mittels kleiner Haken in Entfernungen von 30—40 cm, wobei zu beachten ist, daß die Röhren bei der Befestigung durch Haken weder gedrückt noch beschädigt und daß alle scharfen Biegungen in der Leitung möglichst vermieden werden. — An denjenigen Stellen, wo die Röhren zum Signalapparat hinabgehen, legt man sie möglichst dicht nebeneinander und bringt die Haken von beiden Seiten an.

Die Verbindung der Rohrenden geschieht durch Lötung, wobei das eine Ende etwas erweitert, das andere zugeschärft wird, beide zusammengesteckt und mit Lötzinn und Lötwasser gelötet werden. Wo die Leitungsröhren mit dem Signalapparat in Verbindung gebracht werden müssen, da wendet man Lötung nicht an, stellt vielmehr die Verbindung der Leitung mit dem Signalapparat durch Gummischlauch her, um bei eintretenden Revisionen des Gangwerkes die Verbindung schnell lösen zu können. Wenn der Gummischlauch nicht fest an das Leitungsrohr anschließt, so wird derselbe mit Kupferdraht umwickelt.

Nach dem Verlegen müssen die Röhren in ihrer ganzen Länge untersucht werden. Die Probe auf Dichthalten der Leitung geschieht, indem man das eine Ende mit einem Gummipilz und das andere mit einer Gummibirne dicht verschließt. Hierauf wird die Birne einige Sekunden lang zusammengepreßt. Bleibt der Pilz aufgebläht und zeigt die Birne keine Veränderung durch Luftverlust, so ist die Leitung als dicht zu betrachten.

Sind die Leitungen sämtlich auf Dichthalten probiert, so können sie verputzt werden, was mit Gips geschieht, weil frisch gelöschter Kalk das Kompositionsrohr angreift und zerfrißt. — In Wohnungen, welche tapeziert werden, kann man die Putzrinnen leicht durch übergeklebte Bandstreifen verdecken. Sind die Zimmer aber schon tapeziert, so führt man das Rohr möglichst unsichtbar auf der Tapetenborde entlang, dann neben der Thürbekleidung zum Druckknopf hinab und befestigt dasselbe wie vorher mittels kleiner Häkchen. In der Regel endet die Rohrleitung 1,25 m über dem Fußboden.

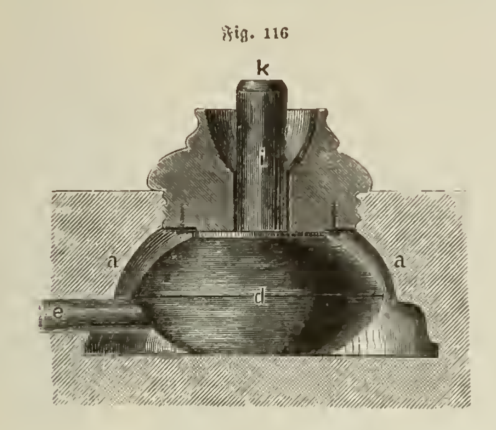
Druckknöpfe. Als Druckgeber werden Gummibehälter, deren Größe im Verhältnis zur Länge der

1) Dies Patent Nr. 64 336 wurde erteilt: pour un système de transmission des signaux etc. Hierzu die Certifikate vom 4. Januar und 4. April 1865.

2) Die pneumatischen Telegraphen haben, nach der Erfahrung der letzten zwölf Jahre, nicht gehalten, was sie versprachen; daher werden fast überall bei Neuanlagen nicht mehr pneumatische, sondern elektrische Telegraphen angewendet. Die pneumatischen Thüröffner bleiben dagegen nach wie vor mit Vorteil in Anwendung.

Druckleitung stehen soll, angebracht und diese in Metallkapseln eingeschlossen. Eine solche Kapsel a a (Fig. 116) wird innerhalb der Wand und bündig mit dem Putz eingelassen und verputzt; die polierte Holzrosette mit Druckstopfen b

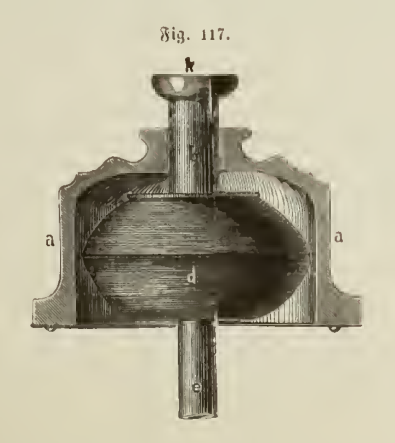
Fig. 116



wird erst nach erfolgtem Tapezieren der Wände in das Metallgewinde eingeschraubt, wobei der Rand der Rosette die Mauerfuge deckt. In manchen Fällen besteht auch die Rosette aus (bronziertem) Metall, während der Drücker wie vorher aus Bein hergestellt ist. — Die Wirkung des Apparates ist dabei folgende: sobald man den Elfenbeinknopf k des Druckstopfens b mäßig nach innen preßt, wird der Gummiball d (Fig. 116) zusammengedrückt, die Luft in demselben komprimiert und die Luftkompression mittels des Gummischlauches e auf die Bleirohrleitung und den Schluß derselben, einen im Signalapparat angebrachten Gummipilz, übertragen.

Bei schwachen Holzwänden sucht man den Umfang der Rosette möglichst zu beschränken, weil die Kapsel a a hier nicht eingelassen werden kann, sondern auf die Wand aufgeschraubt werden muß. In Fig. 117 besteht sie aus

Fig. 117.



Holz, wird jedoch ebenso oft aus poliertem oder bronziertem Metall hergestellt, die korrespondierenden Teile sind mit den in Fig. 116 gewählten Buchstaben-Bezeichnungen versehen.

In älteren Gebäuden, wo das nachträgliche Einlassen der Kapseln stets mit Umständen verknüpft ist, empfiehlt es sich, statt der stark hervorstehenden Druckknöpfe Gummibirnen mit Gummischlauch anzuwenden. Beide, Birne wie Schlauch, sind mit Seide umsponnen und werden durch einen Halter von Metall, der an der Wand befestigt ist, in festbestimmter Lage erhalten. In Fig. 118 ist der Birnenhalter in Drachenform ausgeführt und wird bronziert oder vergoldet geliefert. Der Preis stellt sich für Halter mit Birne und zwei Meter Schlauch auf 13 Mark.

Fig. 118.



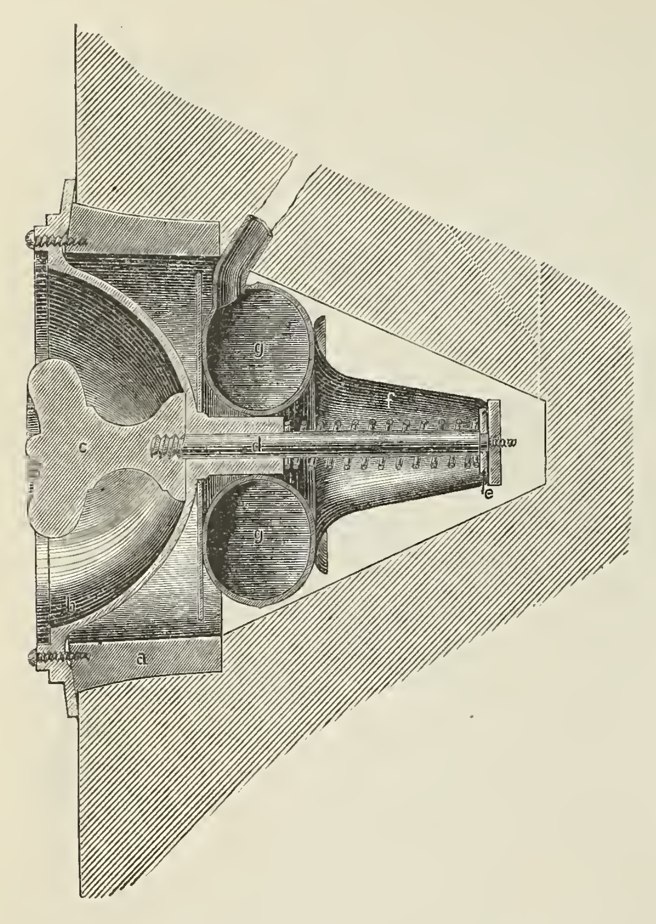
Die Gummibirnen empfehlen sich ganz besonders für Schlaf- und Krankenzimmer, doch kommen hier und in anderen Fällen auch transportable Drücker zur Anwendung, welche gestatten, daß dieselben — beispielsweise am Bureautisch — in unmittelbare Nähe des Rufenden gebracht werden.

Das Material der Gummibirnen und Schläuche soll das denkbar beste sein. Man verwendet dazu nur englischen Patent-Gummi, wobei sich die Abnutzung auf ein Minimum reduziert. — Gut vulkanisierte Gummiteile behalten ihre Elasticität ca. 10 Jahre lang, wenn sie gehörig vor Zugluft geschützt werden; geschieht dies nicht, so hört der Gummi schon nach wenigen Jahren auf, gegen Druck empfindlich zu sein.

Zugapparate (Zugknöpfe) kommen hauptsächlich bei Haus- und Entreethüren, und zwar darum zur Verwendung, weil sie den mechanischen Klingelzügen mehr gleichen und den Fremden, der mit der Einrichtung pneumatischer Telegraphen nicht vertraut ist, kaum im Zweifel lassen, wie er sich verständlich machen soll, um Einlaß zu erhalten. — Hierbei ist die Verbindung mit der Leitung dieselbe wie bei den Druckknöpfen, und der Unterschied im Mechanismus besteht nur darin, daß beim Anziehen des Zugknopfes (Fig. 119) der bewegliche Metalltrichter f gegen den ringförmigen Gummi-Luftbehälter g drückt und dadurch die Luft komprimiert. Zur Befestigung des Zuges wird bei Hausthüren ein 4 cm dicker Ring a von Gußeisen bündig mit seiner Oberkante in die Mauer eingelassen und auf diesem die eigentliche Zugschale b b mit Schrauben derartig befestigt, daß Ring und Mauerfuge gedeckt werden.

Im Centrum der Schale sitzt der mit Gewinde versehene und an die Zugstange d festgeschraubte **Zugknopf** c; die

Fig. 119.

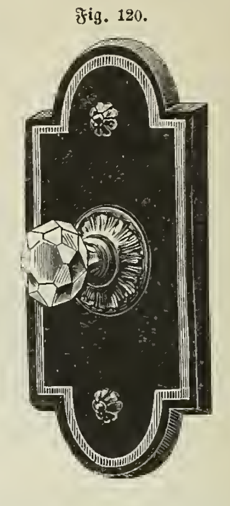


Zugstange aber behält Führung in einer cylindrischen Fortsetzung der Schale. Auf diesen Cylinder stützt sich die Spiralfeder, oberhalb begrenzt durch den Metallring e, auf welchem jener Messingtrichter f ruht, der dazu dient, den ringförmigen Luftbehälter g beim Anziehen der Zugstange zusammenzupressen. Nach Aufhören der Zugwirkung schnellen Trichter und Luftbehälter — ersterer infolge der Spannkraft der Spiralfeder — in die Ruhelage zurück.

Derartige Schalen werden für Hausthüren in eleganter Modellierung von Naturbronze oder verkupfert geliefert und gewöhnlich mit der Inschrift „**Portier**" versehen.

Zugapparate für Entreethüren kommen in noch mannigfaltigerer Form und Ausstattung zur Verwendung, fallen aber stets etwas größer aus als die galvanischen und mechanischen Klingelzüge, weil der Gummiball durch die Schale resp. Platte verdeckt werden muß. Falls — wie in Fig. 120 — ein Knopf mit Unterlagsplatte gewählt wird, kann die letztere aus Glas, Metall, Marmor oder dunkel poliertem Holz bestehen; der Zugknopf wird aus Glas, Krystall, Majolika, Messing oder Bronze hergestellt und im letzteren Falle vernickelt, verkupfert, versilbert oder vergoldet geliefert. Fig. 120 stellt eine schwarze Glasplatte mit Goldrand dar, die durch zwei Schrauben mit Bronzeknopf an der Wand befestigt ist. Als Zugapparat dient ein Krystallknopf mit Bronzerosette.

Fig. 120.



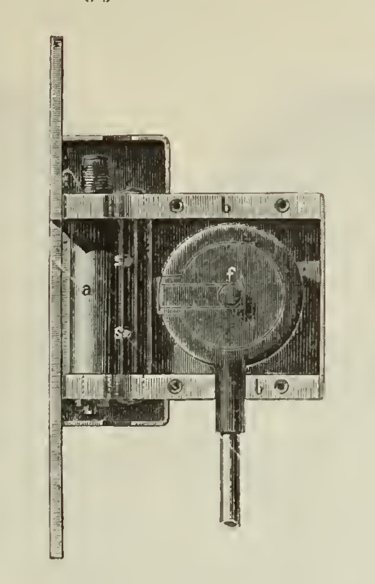
Auch **Tretvorrichtungen** finden in einzelnen Fällen Anwendung und werden dann unter einem erhöhten Tritt (Fenstersitz in der Portierloge) angebracht. Der Apparat besteht aus einer in das Trittbrett eingelassenen Röhre, welche in ähnlicher Weise wie bei den Zugknöpfen, dem Tretknopf mit Kolben und Spiralfeder zur Führung dient; eine unter dem Kolben angebrachte Metallplatte überträgt dann den Druck auf den Gummiball mit Schlauch und anschließendem Leitungsrohr. — Diese Vorrichtung ist darum nicht zu empfehlen, weil sie nur schwer vor Verunreinigung zu schützen ist.

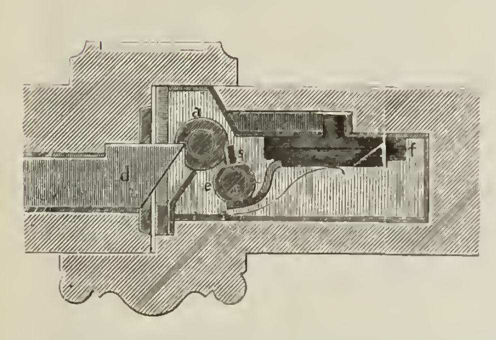
Pneumatische Vorrichtungen zum Öffnen und Schließen von Ventilationsklappen werden da angebracht, wo die Abzugsöffnung des Ventilationskanals in großer Höhe liegt oder schwer zugänglich ist. Eine solche Vorrichtung besteht aus zwei, im Zapfen laufenden vertikalen Stellklappen, deren nach unten verlängerte Drehachsen mittels Hebeln an einer gemeinschaftlichen Stange befestigt sind. Die Stange wird durch an deren Enden angebrachte Luftbehälter abwechselnd nach der einen oder anderen Seite geschoben und dadurch werden die Stellklappen geöffnet oder geschlossen. Für jeden der beiden Luftbehälter ist ein besonderer Druckknopf erforderlich, der in der Wand an passender Stelle eingelassen wird. Der zum Öffnen bestimmte Knopf wird in der Regel mit der Aufschrift „A", d. h. „Auf", der andere mit „Z", d. h. „Zu" bezeichnet.

Der **pneumatische Thüröffner**, sonst auch „Luftschloß" genannt, ist nicht allein den sonst üblichen mechanischen Aufzügen, sondern auch den elektrischen Vorrichtungen dieser Art vorzuziehen. Der Apparat besteht aus dem Metallcylinder a (Fig. 121 und 122), welcher sich in den Messinglagern b, b dreht, wobei letztere gleichzeitig als Backen zur Befestigung der beiden Deckbleche dienen. Dies schloßähnliche Gehäuse wird in den feststehenden Thürflügel eingelassen, und in der Ruhelage greift die Thürfalle des aufgehenden Flügels in den rechtwinkligen Ausschnitt des Cylinders a ein. Zwei Stifte s, s der Welle e verhindern für gewöhnlich die Drehung des Cylinders; sobald aber die Luft in der Leitung infolge eines (etwa vom Portier) gegebenen Druckes komprimiert wird, schwillt der Gummipilz im Luftschloß an, der Arm der Welle e geht abwärts und die Stifte

s, s kommen dabei in solche Lage, daß sich der Cylinder a in der Richtung nach rechts um 45° drehen kann. Dabei wird die Thürfalle frei und der Thürflügel springt auf, und zwar

Fig. 121 u. 122.





infolge des Druckes einer oberhalb in das Rahmstück eingelassenen starken „Aufwerffeder“. Bei kleinen Thüren genügt dazu auch wohl eine „Lamelle“.

Inzwischen ist nach Aufhören der Luftkompression die Hebelwelle und der Cylinder a durch Federkraft wieder in die ursprüngliche Lage zurückgekehrt und das Einklinken der Thür kann daher wie gewöhnlich von dem Eintretenden besorgt werden, wenn diese Arbeit nicht etwa selbstthätig, d. h. durch Federkraft erfolgt.

§ 24.

Die pneumatischen Signalapparate.

Zur Erzeugung hörbarer Signale werden in der Praxis verwendet:

a) Apparate mit einfachem Schlag, sog. einschlägige Klingeln;

b) Apparate mit Carillon-Weckerschlag;

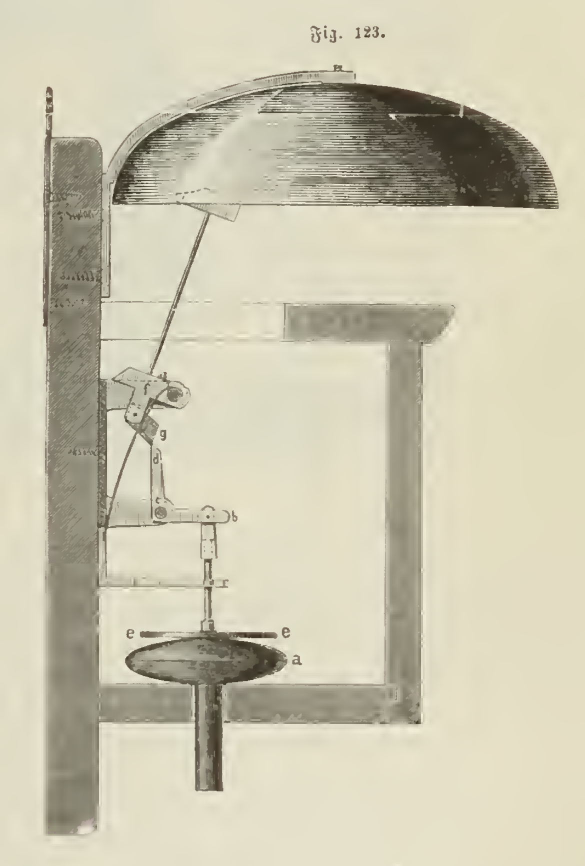
c) Alarm-Apparate mit Weckerschlag.

Zur Herstellung sichtbarer Signale in Verbindung mit hörbaren Zeichen dienen:

d) Klappenapparate oder Signal-Tableaux.

ad a) Apparate mit einfachem Schlag (einschlägige Klingeln) finden gewöhnlich in Entrees und Korridoren Verwendung, um hier ein hörbares Signal zu geben, wenn an der Thür Einlaß begehrt wird, während gleichzeitig in der Nähe des Dienstpersonals (am Signal-Tableau) auch ein sichtbares Zeichen erfolgt. Der Apparat ist nebst Gehäuse durch Fig. 123 im Durchschnitt dargestellt. Bei jedem auf den Zug- oder Druckknopf am

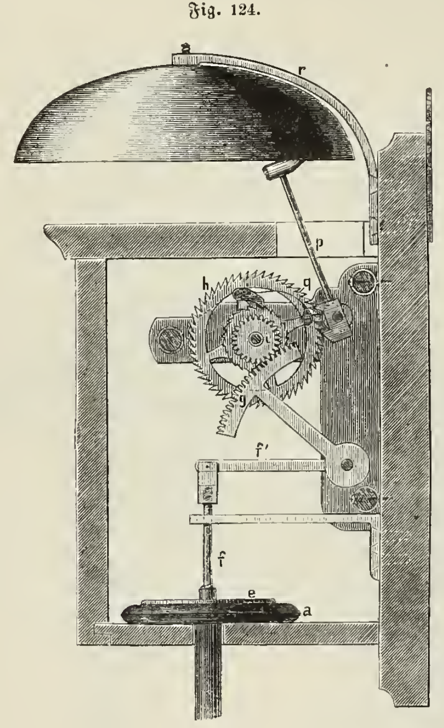
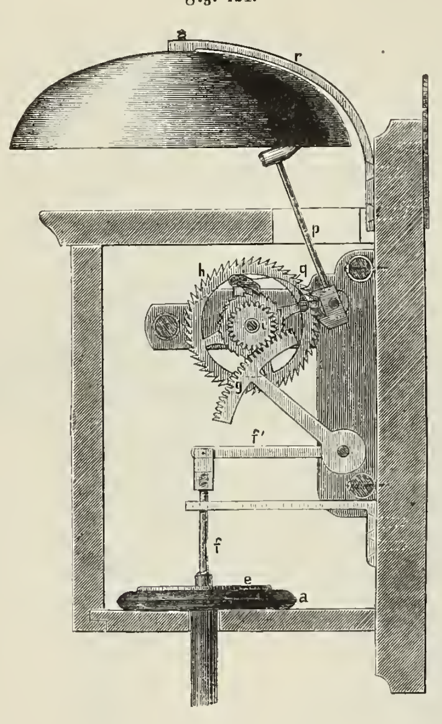
Fig. 123.



Aufgabeorte gegebenen Signal schlägt hier der Hammer einmal an die Glocke; es wird nämlich der Gummipilz a (Fig. 123) durch Luftkompression aufgeschwellt, er hebt die auf ihm ruhende tellerförmige Messingplatte e nebst Stift empor und bewirkt dadurch Drehung des Winkelhebels b c d um die Achse c, wobei der aufrechtstehende Arm d desselben gegen die schräge Fläche des Stahlgelenkes g drückt. Hierbei wird der Daumen f und der daran befestigte Hammer der Glocke in die aus der Figur ersichtliche Lage gebracht, aus welcher er durch Federkraft zurückschnellt und die Stahlglocke einmal kräftig anschlägt. Beim Aufhören des Druckes kehrt der Pilz in seine ursprüngliche Ruhelage zurück, der Teller e sinkt nieder und nimmt den Hebel b c d mit, der sich nun wieder vor das Gelenk legt.

b) Apparat mit Carillon-Weckerschlag. Bei dem in Fig. 124 dargestellten Wecker hebt der Gummipilz a den Teller e mit Stift f empor und bewegt mit Hilfe des Hebels f′ das mit Zahnteilung versehene Segment g, welches

Fig. 124.

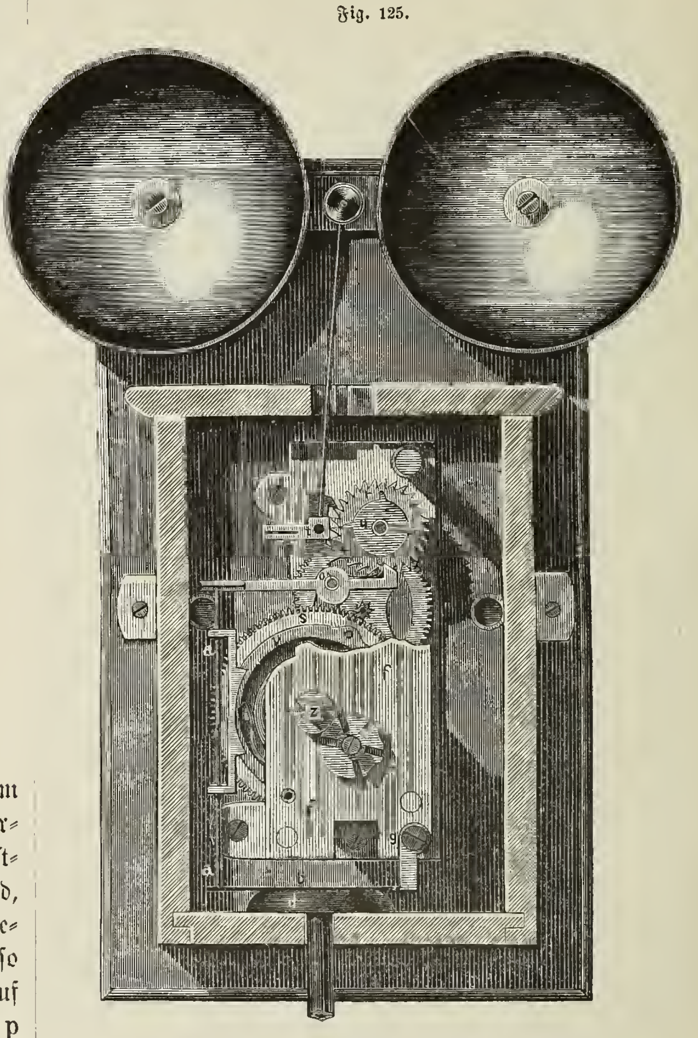
das Triebrad i um einige Zähne weiter bewegt. Mit dem Trieb ist ein Sperrrad in Verbindung, in welches ein Sperrkegel eingreift. Dieser Sperrkegel ist am Steigerade h festgeschraubt und bewegt, sobald i in Drehung gesetzt wird, das Steigerad. In das letztere greift endlich der Echappementhaken q ein: jeder Zahn des Steigerades wird also den Echappementhaken einmal bewegen und dadurch den auf derselben Welle befestigten Hammer mittels des Stieles p gegen die Glocke schleudern. Da aber das Triebrad bei jeder Schwellung des Gummipilzes um 2—3 Zähne weiter geschoben wird und jedem Zahne des Triebrades etwa 3—4 am Steigerad entsprechen, so wird bei einem auf den Druckknopf ausgeübten Drucke der Hammer schnell hintereinander acht- bis zehnmal an die Glocke schlagen.

Nachdem der Luftbehälter in die Ruhelage zurückgesunken ist, wird auch Teller e, Hebel f und Segment g niedersinken und das Triebrad i mit daran sitzendem Sperrrad sich in entgegengesetzter Richtung bewegen, wobei der Sperrkegel außer Thätigkeit kommt.

c) Alarm-Apparat mit Weckerschlag. Diese Apparate funktionieren leicht und auf weite Entfernungen, sind stets mit einem Uhrwerk versehen und müssen deshalb aufgezogen werden, sobald das Werk abgelaufen ist. Fig. 125 stellt die innere Einrichtung des Apparates mit dem durchschnittenen Holzgehäuse dar.

Zwischen der oberen Messingwange f f und der auf

Fig. 125.

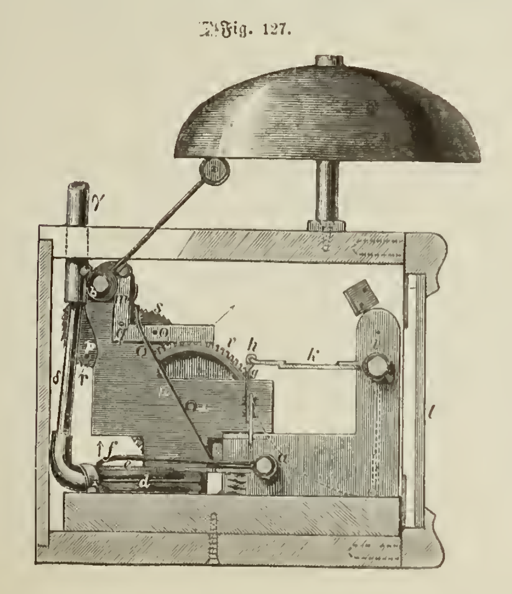


die Rückwand in 30 mm Abstand aufgeschraubten Hinterwange ist das Uhrwerk eingeschaltet, bestehend aus dem Federgehäuse mit darunter liegendem Stirnrad S, welches ein Triebrad in Bewegung setzt und durch mehrfache Übersetzung das Steigerad r treibt. In dieses letztere greift wiederum der Echappementhaken ein, und dadurch wird die Hakenwelle t so gedreht, daß der an ihr befestigte Glockenhammer eine hin- und hergehende Bewegung macht und so in schneller Folge die beiden abgestimmten Glocken zum Anschlagen bringt. — Für gewöhnlich steht das Triebwerk still, sobald aber der Gummipilz d den um g drehbaren Teller b emporhebt, wird der Stift a a, welcher in einem Doppelwinkel Führung hat, ebenfalls nach oben geschoben, drückt dabei den um o drehbaren Hebel mit hakenförmigem Ende empor und läßt hierbei den Arretierungsstift einer an der

Steigeradwelle befestigten Scheibe u frei, wodurch das Uhrwerk ausgelöst wird und die einzelnen Teile in der vorbeschriebenen Art funktionieren. — Inzwischen aber hat die Luftkompression zu wirken aufgehört und der Teller b sinkt durch sein eigenes Gewicht abwärts, mit ihm der Stift a a; auch der Hakenhebel sinkt hinab und hält den Arretierungsstift so lange fest, bis der Pilz d aufs neue geschwellt wird.

In Fig. 125 sieht man über der Messingwange f f den Dorn z zum Aufziehen des Uhrwerks hervortreten. —

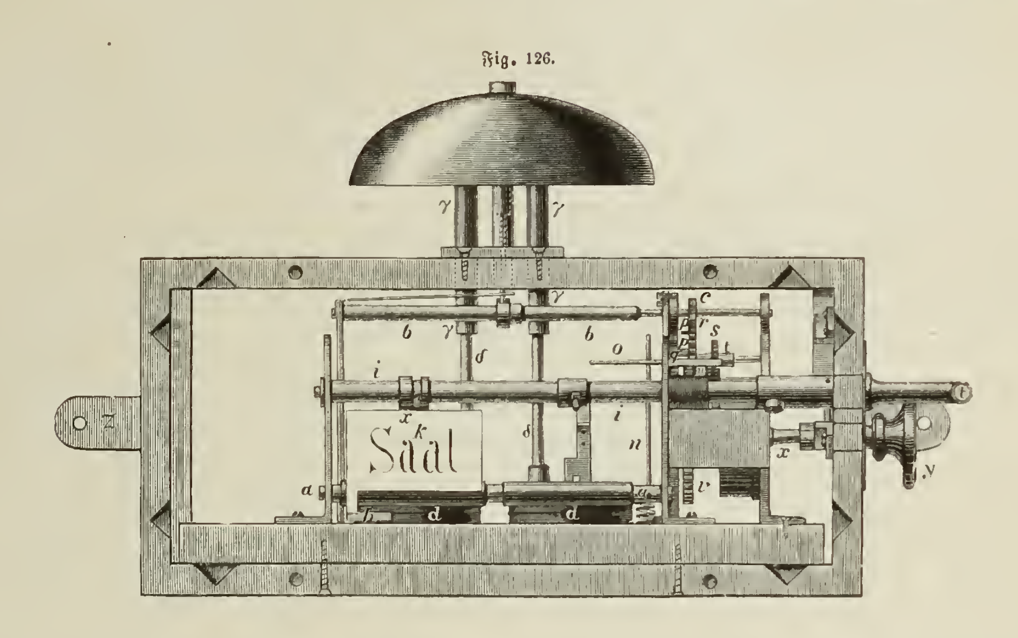
Fig. 127.



Die beiden Glocken sind an einem flachen, eisernen Glockenhalter festgeschraubt, der auf der hölzernen Gehäuserückwand befestigt wird; letztere wird mit Holzschrauben an, in die Mauer eingelassenen, Tübeln festgeschraubt.

d) Signaltableau oder Klappenapparat. Für größere Wohnungen genügen zum Zweck leichter und sicherer Verständigung die vorbeschriebenen Klingeln nicht. Um hier sofort ersehen zu können, in welchem der verschiedenen mit dem Apparat verbundenen Zimmer gerufen wurde, wendet man sogenannte Nummerapparate an, wobei es angänglich ist, mehrere zusammenliegende Zimmer an einen Apparat

Fig. 126.



zu leiten und dadurch die Apparatenzahl und die Leitungslänge einzuschränken. Hierbei ist jeder Druck- resp. Zugknopf, der Signale geben soll, mit dem Nummerapparat durch ein Leitungsrohr in Verbindung zu setzen, und außer dem sichtbaren Zeichengeber (Tableau) ist ein besonderes Läutewerk anzubringen, welches gewöhnlich direkt mit dem Apparat verbunden wird.

Fig. 126 und 127 stellen ein derartiges Signaltableau für zwei Klappen oder Nummern dar. Fig. 126 giebt die Ansicht nach Fortnahme der Rückwand und des vorderen verglasten Rahmens, welcher mit Holzzapfen an das Gehäuse befestigt ist. Fig. 127 zeigt den Querschnitt der ganzen Einrichtung nebst Rückwand und Verglasung. — Der Mechanismus zerfällt in zwei Teile, nämlich in den Klappenapparat mit Nummerwelle und in das Uhrwerk, durch dessen Auslösung eine Klingel mit Weckerschlag angeschlagen wird. Der Vorgang ist hierbei folgender:

Der am Aufgabeort ausgeübte Druck wird durch die Leitung auf die Schläuche γ und mittels der Bleiröhre δ auf die Luftbehälter d übertragen. Sobald der eine angeschwellt wird, hebt er den Teller e und bewirkt dadurch Drehung der Welle a von links nach rechts, wobei der an dieser sitzende Hebel mit Winkelstück g in der Richtung des Pfeiles bewegt wird. Dadurch verliert aber der Stift h

sein Auflager und die mit ihm verbundene, mit Nummerbezeichnung oder Schrift versehene Klappe k, die lose auf die Nummerwelle i i aufgesteckt ist, fällt durch ihr eigenes Gewicht hinab. An der durchsichtigen vorderen Glastafel l erscheint daher die herabgesunkene Klappe k als sichtbares Zeichen dafür, daß (beispielsweise im „Saale") gerufen wurde.

Gleichzeitig wird infolge Drehung der Welle a auch der Messinghebel n aufwärts bewegt und hierbei der Stift o des Winkelhebels m q so gefaßt, daß hierdurch eine Drehung des letzteren bewirkt wird, wobei der Arretierungsstift p des Steigerades (r), welcher bisher von dem im Scheitelpunkt e angebrachten Haltestift q unterstützt wurde, frei wird. Auf diese Weise wird das Uhrwerk ausgelöst, dessen Feder das Stirnrad v und durch mehrmalige Übersetzung auch das Steigerad r treibt. In das letztere greift der Echappementhaken c ein, und jeder Zahn des Steigerades veranlaßt eine Bewegung der Welle b b, welche den mit ihr verbundenen Hammer an die Stahlglocke schleudert. Die Glocke ertönt daher unter schnell aufeinander folgenden Schlägen so lange, bis das Steigerad im Laufe gehemmt wird und — da vier Arretierungsstifte an seiner Peripherie verteilt sind — bis eine Viertel-Umdrehung des Rades vollendet ist. So lange aber hält die Luftkompression gewöhnlich nur an. Beim Aufhören des pneumatischen Druckes geht nämlich der Teller e mit Welle a, Hebel n und Winkelstück m in die Ruhelage zurück, wobei der an letzterem befindliche Halter q den nächsten Arretierungsstift des laufenden Rades faßt und die Fortbewegung desselben hemmt, bis ein neues Signal gegeben wird.

Um nie Zweifel darüber aufkommen zu lassen, wo gerufen wurde, muß die gefallene Nummertafel (Klappe) sofort aufgehoben werden, was dadurch erreicht wird, daß man die Welle i i an dem äußeren Griff t um 50° nach der Rückwand hin dreht. Dabei bewegt der Stift x die gefallene Nummertafel so weit nach oben, bis sie wiederum auf dem Winkelstück g des vertikalen Hebels Auflager findet. Nach Aufhören der Drehbewegung schnellt die Welle i durch Federkraft in die Ruhelage zurück.

Das Aufziehen des Uhrwerkes wird äußerlich mittels des Knopfes y bewirkt, der zu diesem Zweck an der Peripherie leicht geriefelt ist. — Die Befestigung des Apparatengehäuses an zwei Holzdübeln der massiven Wand wird mit Hilfe von Messingwinkeln z z bewirkt.

Anm. Die Signaltableaux können wesentlich vereinfacht werden 1) wenn der Hebel, mit dem die Nummertafeln hochgehoben werden, gleichzeitig zum Aufziehen des Uhrwerkes dient, wobei an Stelle des Stirnrades ein mit Zahnteilung versehenes Segment tritt und an korrespondierender Stelle der Welle i i ein Daumen, der das Segment jedesmal um einige Zähne zurückdreht und so die Uhrfeder aufs neue spannt; 2) indem die Gummipilze vertikal an der Rückwand angebracht und die Gummischläuche horizontal und direkt in die Wand eingeführt werden.

Zur Aufhängung der Tableaux ist ein trockener, gut beleuchteter und bequem und passend gelegener Ort auszuwählen (Dienerzimmer, Anrichteraum oder ein heller Korridor), damit die Dienerschaft, ohne Umwege zu machen, die Abstellung des Apparates bewirken kann. In Fig. 126 sind nur 2 Klappen angenommen; ist die Anzahl der Zimmer eine größere, so wird der Tableaukasten länger. Um Nummern zu sparen, pflegt man aber benachbarte Räume von gleichartiger Benutzung gern nach einem Luftbehälter im Tableau zu leiten. Hierbei ist zu bemerken, daß höchstens 7 Nummern in einer Reihe angebracht werden können; darüber hinaus ordnet man die Tafeln in zwei Reihen übereinander an, und selten wird die Anzahl der Zimmer größer sein, als sie ein Tableau zu fassen vermag. — Etwas schwieriger liegt die Sache bei Einrichtungen in Hotels, wo die Hausordnung verlangt, daß von sämtlichen Fremdenzimmern einer Etage mindestens sichtbare Zeichen nach einem hell beleuchteten Signaltableau in der betreffenden Etage gegeben und außerdem ein Kontrolltableau mit Alarmglocke für die verschiedenen Etagen beim Portier aufgehängt werde. In kleinen Hotels wird es genügen, Nummernapparat und Glocke in der Portierloge aufzuhängen, wogegen in ganz großen Hotels die Leitungen jeder Etage bezw. jedes Gebäudeflügels ein für sich abgeschlossenes System bilden und die weitere Verständigung etwa durch Sprachrohre erfolgen kann.

Resumé. Die elektrischen und pneumatischen Haustelegraphen bieten neben der Zeitersparnis eine mannigfache und interessante Benutzung zu verschiedenen Zwecken. Durch dem Auge unsichtbare, an Thüren und Fenstern angebrachte Vorrichtungen wird das Öffnen derselben bis in entfernte Räume signalisiert und bildet so eine schätzbare Einrichtung als Diebessicherung.

Die Pflicht, in den Fabriken für Sicherheit der Arbeiter dadurch Sorge zu tragen, daß eine direkte Verbindung der Arbeitssäle mit dem Maschinenraum hergestellt und so bei eintretender Gefahr eine schnelle Benachrichtigung herbeigeführt wird, kann durch die Anwendung pneumatischer oder elektrischer Telegraphen ohne sonderlichen Kostenaufwand erfüllt werden. — Für große Etablissements empfiehlt es sich, mit der Leitung sicher wirkende „Feuermelder" in Verbindung zu bringen.

Wo eine gleichmäßige Temperatur erzielt werden muß, wie in Theatern, Auditorien, Krankensälen, kommen elektrische Thermometer zur Verwendung, welche selbstthätig die Änderung der Normaltemperatur dem Heizer melden und diesem sofortige Regulierung ermöglichen.

Die neueren Strafanstalten erhalten telegraphische Verbindung der Wärterzimmer mit den Gefangenen-Zellen, um dem Sträfling die Möglichkeit zu gewähren, in dringenden

Fällen um Hilfe zu rufen. Auch sollte die Haustelegraphie in keinem Krankenzimmer fehlen.

Zwischen sehr getrennt liegenden Bureaux in Fabriken wie in sonstigen öffentlichen Anstalten wird mit Vorteil der elektrische Strom benutzt, da er mit gleicher Sicherheit über wie unter der Erde wirkt und weit entfernt liegende Räume im Augenblick durch Signale verbindet. Endlich ist die direkte Verständigung zweier beliebiger Stationen eines großen Gebäudekomplexes durch Anwendung der Telephone mit Rufsignal ohne große Kosten geboten, wodurch die schwer zu bedienende und kostspielige Feuerwehr-Telegraphie sich zweckmäßig ersetzen läßt.

§ 25.

Sprachrohre.

Das Sprachrohr dient zur Vermittelung mündlich erteilter Aufträge und ist ein akustischer Fernsprecher. Zum Sprechen resp. Hören sind Mundstücke und ein dieselben verbindendes Leitungsrohr erforderlich, welches letztere gewöhnlich aus Zinkblech besteht und eine konstante Lichtweite behält, damit die Schallwellen sich mit unveränderter Stärke fortpflanzen können. Berührungen mit anderen metallischen Körpern sind hierbei zu vermeiden, weil dieselben die Schall-Leitungsfähigkeit des Sprachrohres durch eigene Schwingungen irritieren. — Nebeneinander liegende Sprachrohre sind aus demselben Grunde durch Umwickelung mit Werg zu isolieren. Endlich ist für jedes von mehreren, in gleicher Richtung liegenden Zimmern, nach denen gesprochen werden soll, ein separates Rohr anzulegen.

Kann die Leitung in den Putz gelegt werden, so wirkt das Sprachrohr in der Regel am zuverlässigsten, weil hierbei alle äußeren Einwirkungen auf dasselbe fortfallen; selbst unterirdische Führung des Rohres ist nicht zu verwerfen, nur ist in diesem Falle das stabilere Eisenrohr dem Zinkrohr vorzuziehen. — In allen Fällen soll die Leitung sicher geschlossen und das Rohr — wenn dasselbe aus Zink besteht — gut gelötet sein. Wo aber die Leitung im Winkel geht, da sind die Übergänge durch Kurven zu vermitteln. Erfahrungsmäßig funktionieren die Sprachrohre bei richtiger Ausführung noch sicher bei 100 Meter Länge der Leitung.

Die Weite der Leitungsrohre und der Mundstücke soll nach Annahme der Praktiker 3 cm betragen, indessen hat die Erfahrung gelehrt, daß für das Leitungsrohr auch eine geringere Dimension anwendbar ist. — Die Mundstücke werden mit einer Pfeife, die zugleich als Stöpsel das Mundstück schließt, versehen, um vor Beginn des Sprechens ein laut tönendes Signal geben und den Gerufenen an das Sprachrohr heranrufen zu können. Ein derartiges Mundstück mit zugehöriger Pfeife ist in Fig. 128 dargestellt, wobei die Ausstattung, je nach Wunsch, in Holz, Metall oder Elfenbein erfolgen kann. Die Signalpfeife wird mit Kettchen an den Hals des Mundstücks befestigt. — Zur größeren Bequemlichkeit kann dasselbe auch transportabel gefertigt und beim Gebrauch in die Leitung eingeschraubt werden.

Fig. 128.

Mündet das Rohrende im Zimmer an einer schwer zugänglichen Stelle, z. B. im Winkel oder hinter einem Möbel, so wird ein besponnener, 20—25 mm weiter Schlauch von passender Länge, an dessen Ende sich das Mundstück mit Pfeife befindet, in die Rohrmündung beim Sprechen eingesetzt.

In Berlin stellen sich die Einzelpreise einer derartigen Einrichtung wie folgt:

Ein Mundstück mit Pfeife in beliebiger Holzart	1,50 Mk.
" " " " " Elfenbein . . .	9,00 "
Leitungsrohr aus Zinkblech kostet pro Meter .	0,70 "
Ein Bogenknie desgl.	1,00 "

Schlußbemerkung. Mit Einführung des Bell'schen Telephons glaubte man das Sprachrohr, welches sich bis dahin durch seine einfache Gebrauchsweise überall Eingang verschafft hatte, ganz verdrängen zu können. Dieser Gedanke ist bisher nicht in Erfüllung gegangen, denn trotz aller Verbesserungen, die darauf gerichtet waren, die Leistungsfähigkeit des Telephons zu steigern, hat die epochemachende Erfindung Graham Bell's im Privatgebrauch noch wenig Eingang gefunden, weil man in der Haustelegraphie mit Entfernungen über 100 m — in denen das Sprachrohr nicht ausreichen würde — kaum zu rechnen hat. Auch wird beim Sprechen und Hören mittels des Telephons nicht nur absolute Ruhe, sondern auch eine gewisse Übung verlangt, beides Bedingungen, welche im gewöhnlichen Verkehr gar nicht oder nur ausnahmsweise zutreffen. — Für geräuschvolle Geschäftsbranchen und bei mäßiger Ausdehnung der akustischen Leitung wird hiernach das Sprachrohr auch ferner neben dem Telephon seine Stelle im Haus- und Geschäftsverkehr finden, schon darum, weil alle auf Erhöhung der Leistungsfähigkeit des letzteren gerichteten Verbesserungen notwendig auch den Preis der Anlage steigern müssen.

Viertes Kapitel.

Anlage der Blitzableiter.

§ 26.

Die erste Anleitung zur Anfertigung von Blitzableitern gab der Amerikaner Benjamin Franklin und in Deutschland Prof. Winkler 1753; indessen dürfte eine ausgedehntere Anwendung derselben in Nordamerika kaum vor dem Jahre 1760 stattgefunden haben. Seit jener Zeit haben dieselben nun stetig mancherlei Verbesserungen erfahren, namentlich durch Physiker, welche sich das Studium der atmosphärischen Elektricität zur Aufgabe machten, als Reimarus, Léroy, Beccaria, Watson, Gay-Lussac, Arago u. a.

Litteratur:

Kuhn, Handbuch der angewandten Elektricitätslehre. Leipzig 1866.
Müller, Dr. Joh., Lehrbuch der kosmischen Physik. 1856 u. 1868.
Buchner, Konstruktion und Anlage der Blitzableiter. Weimar 1876.
Holtz, Theorie der Blitzableiter. Greifswald 1878.
Goldschmidt, „Deutsches Bauhandbuch". Berlin 1879.
Meidinger, Heinr., Geschichte des Blitzableiters. Karlsruhe 1888.

Wenn eine elektrische Wolke über dem Erdboden schwebt, so wird sie verteilend auf denselben wirken; die der Wolke gleichnamige Elektricität wird abgestoßen, die ungleichnamige angezogen und in allen Leitern und Halbleitern, die sich über die Erde erheben, wird sie angehäuft werden. Ist die elektrische Wolke nahe und die durch sie bewirkte Ladung irgend eines dieser leitenden Gegenstände stark genug, so schlägt der Blitz direkt zwischen ihnen über. Alles was sich über die Ebene erhebt, ist daher dem Blitzschlag ausgesetzt.

Die Gebäude sind nun in der Regel aus Steinen, Holz und Metall aufgeführt, d. h. aus Substanzen von sehr ungleicher Leitungsfähigkeit. Wenn der Blitz einschlägt, trifft er aber vorzugsweise die besseren Leiter und die höchsten Stellen der Gebäude, wobei die mechanischen Wirkungen sehr heftige sind. Blitzableiter werden daher an den höchsten Stellen der Gebäude angebracht, und da der Blitz vorzugsweise Metalle trifft, so ist mit Sicherheit zu schließen, daß — wenn ein metallischer Ableiter den höchsten Punkt eines Gebäudes bildet — er diese Metallmasse treffen wird. Der Blitzableiter muß möglichst mit allen Leitern verbunden und durch eine ununterbrochene Leitung in das Wasser oder in den feuchten Boden hinabgeführt werden.

Die einzelnen Teile, aus denen ein Blitzableiter besteht, sind: a) die Auffangstange mit feiner Spitze, b) die oberirdische Leitung von da bis zum Erdboden (Dach- und Wandleitung) und c) die Bodenleitung. Wenn von der Spitze bis zum unteren Ende keine Unterbrechung in der Leitung stattfindet, dann werden die verbundenen Elektricitäten des Stabes und der Leitung durch die über dem Blitzableiter schwebenden Gewitterwolken zerlegt, die gleichnamige Elektricität wird abgestoßen und kann sich in den Boden verbreiten, die entgegengesetzte wird nach der Spitze gezogen, wo sie frei in die Luft ausströmen kann. Hierbei ist keine Anhäufung von Elektricität im Blitzableiter möglich; man kann sich ihm ohne Gefahr nähern und ihn berühren.

Ist dagegen die Leitung unterbrochen oder unvollkommen, so ist eine Anhäufung von Elektricität im Blitzableiter unvermeidlich; er bildet dann einen geladenen Konduktor, aus dem man Funken ziehen kann.

Ist endlich nur die Spitze stumpf, so kann der Blitz zwar leichter einschlagen, er wird aber der Leitung folgen und dem Gebäude nicht schaden.

Hieraus ergeben sich nun folgende **Konstruktions-Regeln:**

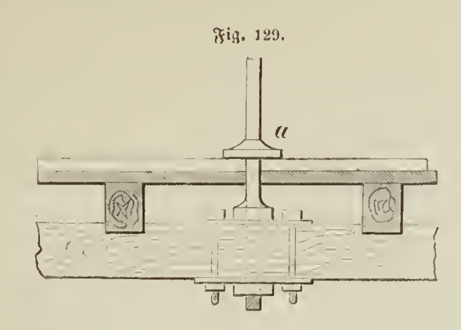
1) Die Spitze der Auffangstange soll aus einem möglichst gut leitenden, oxydfreien und den elektrischen Wärmewirkungen Widerstand leistenden Metall bestehen. — In Frankreich werden nach Gay-Lussac's Vorschrift gewöhnlich Platinnadeln dazu angewendet, die man direkt an die Auffangstange oder in einen Messingkegel einlötet und diesen mit der Stange selbst verbindet. Wegen der geringern Leitungsfähigkeit des Platins stellt man bei uns die Spitzen von Rotkupfer her und vergoldet dieselben. Nach Kuhn's Vorschlag sollten jedoch Silberspitzen in Anwendung kommen, weil Silber billiger als Platin ist und sich eine solche Spitze nicht viel teurer stellt als eine dergleichen von vergoldetem Kupfer.

2) Die Auffangstange wird gewöhnlich von rundem oder Quadrateisen, seltener von Gasrohr hergestellt. Der Durchmesser soll am oberen Ende 2 cm betragen und nach unten hin bis auf etwa 4 cm verstärkt werden, damit die Stange sich bei Stürmen nicht biegen kann. Aus diesem Grunde darf die Auffangstange wegen der soliden Befestigung nicht viel über 4—5 m Höhe erhalten.

In der Regel geschieht die Befestigung derselben unter der First, und wo ein Firsträhm vorhanden, wie in Fig. 129, da kann die Anbringung bequem gegen dieses erfolgen; der angelötete Blechschirm a dient dann zur Ableitung für das an der Stange herabfließende Regenwasser. Kommt die Stange jedoch auf den Endpunkt der Firstlinie

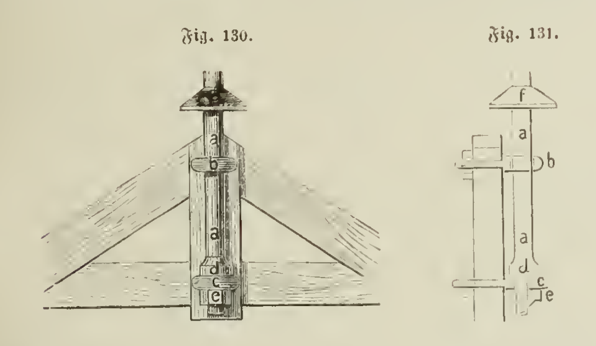
des Daches zu stehen, dann wird dieselbe unterhalb an drei pyramidal auslaufenden Stützen mit den Gratsparren und der Firstpfette durch Schraubenbolzen verbunden.

Fig. 129.



Wo eine Firstpfette nicht vorhanden ist, da kann die Stange nach Fig. 130 mittels zweier starken Ringe b und c gegen ein in das Dachgespärre eingelassenes Holzstück befestigt werden.

Fig. 130. Fig. 131.

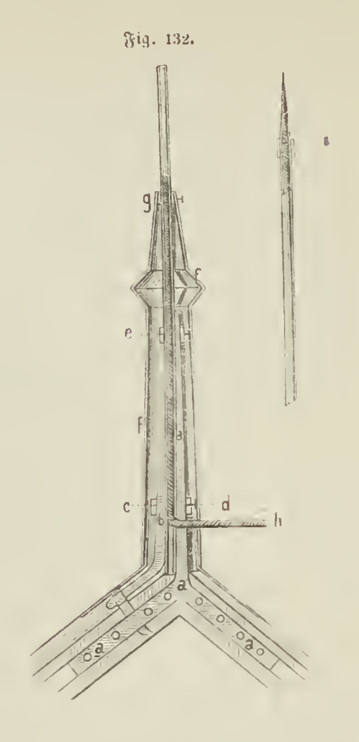


Die Ringe sind mit Bolzen und Muttern an der Zange festgeschraubt, wie Fig. 131 in der Seitenansicht zeigt, und die Stange selbst trägt ein unteres Gewinde, auf welches die Mutter e geschraubt wird.

Verwendet man zur Auffangstange schmiedeeisernes Rohr, durch welches das Leitungsseil hindurchgezogen ist, so wird die Befestigung leicht und rasch auszuführen sein, indem eine Spitze a von innen gegen die Stirnseite der Sparren genagelt und außerdem auf die obere Sparrenfläche je ein langer Winkel b befestigt wird, wie Fig. 132 zeigt. Zwischen diese Eisen wird das Auffangrohr eingeklemmt und durch Antreiben der Ringe c vollkommen festgehalten. Ein verzierter Zinkmantel, dessen oberes Ende g durch einen Ring um die Stange festgehalten wird, verdeckt dann die Konstruktion und schützt gegen Eindringen des Regenwassers in das Dach; das Drahtseil geht entweder unter dem Mantel hindurch oder durchbricht denselben seitlich.

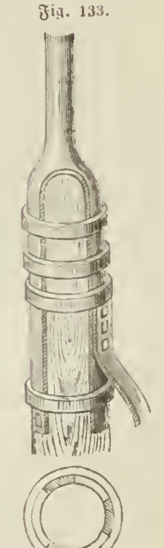
Bei Gebäuden, in deren Bodenraum eine bedeutende Anhäufung von Metallteilen stattfindet, ist es richtiger, die Auffangstange auf einer die First überragenden Holzstütze zu befestigen. Dies kann nach Fig. 133 mittels umgelegter Bänder und Schraubenbolzen geschehen. Die Verbindung der Stange mit der Leitung soll dabei eine möglichst innige sein, d. h. die zu verbindenden Flächen sind metallisch rein

Fig. 132.



zu feilen und zu verlöten. Ähnlich ist die Befestigung auf einer Helmstange von Holz herzustellen.

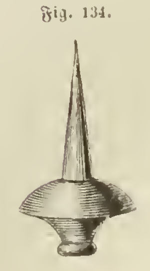
Fig. 133.



Wird auf dem Gebäude eine Flaggenstange aufgestellt, so hat man an dieser die Leitung hochzuführen und die Spitze auf dem Kranze oder Knopfe der Stange zu befestigen (Fig. 134). Besteht dieser Knopf aus Metall, so pflegt man oberhalb die Spitze und unterhalb die Leitung direkt anzulöten. Ähnlich verfährt man bei Turmspitzen.

Windfahnen dürfen nur dann als Auffangstangen benutzt werden, wenn der metallene Schaft der Stange durch den Drehpunkt der Fahne nicht unterbrochen ist, d. h. die Fahne muß die Stange hülsenähnlich umfassen.

Fig. 134.



Bei Schornsteinen wird die Auffangstange mit drei oder vier Ansätzen versehen, welche in das Wangengemäuer eingebunden werden, um der Auffangstange einen festgesicherten Halt zu geben. Hierbei ist vorausgesetzt, daß die Spitze nicht aus Messing oder Rotguß besteht (weil diese Materialien durch den Rauch stark angegriffen werden),

sondern von gewalztem Kupfer, welches im Feuer vergoldet und mit einer 3 cm langen Platinspitze versehen ist, die mit Silber aufgelötet wurde. — Treten die Schornsteine wenig über die Dachfirst hinaus, so genügt eine kurze Auffangstange; indessen begnügt man sich meist damit, die Leitung über den Schornstein hinwegzuziehen. Als Leitung empfiehlt sich in diesem Falle wegen der Raucheinwirkung nicht ein Kupferseil, sondern ein solches von verzinktem Eisendraht, was vom Rauch nicht angegriffen wird. Am besten aber dürfte es sein, bei höher geführten Schornsteinen die Auffangstange an der Westseite derselben anzubringen und das Drahtseil erst 9—10 Schichten unter dem Kopf derselben beginnen zu lassen, so daß es der Raucheinwirkung entzogen ist. In allen Fällen soll die Befestigung derartig sein, daß die Stange der Gewalt des Sturmes widerstehen kann.

Der Schutzkreis. Von der physikalischen Sektion der französischen Akademie der Wissenschaften wurde in Bezug auf die Länge der Auffangstange als Grundsatz festgestellt: daß jede Stange um sich her einen Umkreis beschütze, dessen Radius das Doppelte ihrer Höhe beträgt, d. h. der Durchmesser des Wirkungskreises eines Blitzableiters ist gleich der vierfachen Höhendifferenz der Spitze über dem höchsten Teile des Gebäudes.

Nach diesem Grundsatz ist für jede besondere Anlage die Höhe und Anzahl der Auffangstangen festzustellen und dabei auf deren richtige Anordnung die größte Aufmerksamkeit zu richten. Bei einem Gebäude von 30 m Länge genügt also eine Auffangstange von 4 m Höhe. Bei längeren Gebäuden sind mehrere Auffangstangen erforderlich, weil andernfalls technische Schwierigkeiten hinsichtlich der soliden Befestigung entstehen würden.

Buchner hat in seinem Werke über Blitzableiter ein Schema für Anzahl und Länge der Auffangstangen gegeben. Hiernach erhält ein Gebäude von 100 m Länge zweckmäßig 5 Auffangstangen von je 5 m Höhe, und zwar eine auf der Mitte und die übrigen in je 10 m Abstand voneinander. Besteht jedoch das Gebäude aus Teilen von verschiedener Höhe und Tiefe, und reichen die an dem Hauptgebäude aufgestellten Blitzableiter für den Schutz niedriger gelegener Anbauten nicht aus, so müssen diese nach dem oben aufgestellten Grundsatz mit eigenen Blitzableitern versehen werden.

Bei Kirchen mit zwei Türmen an der Westfassade erhält jede Turmspitze eine Auffangstange, und wenn ein Dachreiter auf der Vierung vorhanden ist, wird man auch diesen mit einer solchen versehen. Fehlt der Vierungsturm, so muß bei größerer Ausdehnung des Langschiffes auch dieses mit einer Auffangstange — etwa am Chorschluß — versehen werden, es sei denn, daß der Höhenabstand der Turmspitze von der First des Kirchendaches mehr beträgt als die Länge des Kirchenschiffes. Bei größerer Ausdehnung ist die Anzahl und Höhe nach dem Schutzkreise zu bestimmen. Übrigens sind sämtliche Auffangstangen untereinander zu verbinden und die Dach- und Wandleitung ist an geeigneten Stellen des Gebäudes zur Erde hinabzuführen. Dabei empfiehlt es sich, beide, die Turmleitung und die Kirchenleitung, direkt ins Wasser zu führen oder, wenn nur eine Bodenleitung möglich wäre, dieselbe in der Nähe der Türme herzustellen.

Eiserne Dachkonstruktionen, Metallbedachungen, Traufrinnen u. dgl. müssen unter sich und mit dem Blitzableiter durch Nebenleitungen so verbunden werden, daß sie selbst einen Teil des Blitzableiters bilden. Allgemeine Regeln lassen sich dafür nicht geben, vielmehr ist in jedem einzelnen vorliegenden Falle die geeignete Anordnung nach den obwaltenden Umständen zu treffen.

3) Die „Leitung", d. h. die metallische Verbindung zwischen der Spitze und dem Grundwasser, wird heutzutage kaum noch aus Quadrat- oder Flacheisen hergestellt. Man wählt dazu vielmehr, wegen der bequemeren Anbringung, Kupferdraht von 7—8 mm Durchmesser oder verzinkten Eisendraht, welcher letztere, wegen der geringeren Leitungsfähigkeit des Eisens[1]), etwa 13 mm, höchstens den doppelten Durchmesser der Kupferdrahtleitung erhält. Da die Leitung nicht aus einem zusammenhängenden Stück bestehen kann, stellt man dieselbe neuerdings, im Sinne der bequemeren Arbeit, aus Drahtseil her und benutzt dazu Seile, welche aus 12 Stück 2 mm dicken Kupferdrähten

Fig. 135.



geflochten sind, oder aus 19 Stück verzinkten Eisendrähten. — Bei sehr langen Leitungen, und hauptsächlich da, wo die Bodenleitung aus örtlichen Gründen eine größere Ausdehnung erhalten muß, werden die vorgenannten Querschnitts-Dimensionen noch zu vergrößern sein, denn der Durchmesser der Leitung ist auch von deren Länge abhängig. Ist nämlich der Querschnitt der Drähte zu gering, so setzt er dem elektrischen Strom einen zu großen Widerstand entgegen, wobei der Draht bis zum Schmelzen erhitzt werden kann[2]) und eine Entladung des Blitzes ins Innere des Gebäudes oder in die darin enthaltenen Metallteile (Träger, Säulen, Röhren) zu erwarten steht. Darum kann ein schwacher Blitzarbeiter sehr gefährlich werden.

1) Vergl. § 19, Anmerkung 2.

2) Die Erhitzung ist bei gleich starker Entladung um so größer, je kleiner der Querschnitt der Leitung und je geringer das Leitungsvermögen des Metalles ist.

Da nun in einer unvollkommenen oder unterbrochenen Leitung, wie eingangs erwähnt wurde, Anhäufung der Elektricität unvermeidlich ist, so muß auf die korrekte Herstellung der Leitung das größte Gewicht gelegt werden: alle Verbindungen sind daher sorgfältig zu löten; Kupferdrähte sind 5 cm übereinander gelegt zu verlöten und mit einer über die Lötstelle festgeschobenen Hülse aus Kupferrohr zu schützen, um die Bildung galvanischer Ströme, die an der Lötstelle unter Einfluß atmosphärischer Feuchtigkeit leicht entstehen können, zu verhindern. Bei Drahtseilen werden die zu verbindenden Enden 16—20 cm lang aufgedreht, aufs neue verflochten, dann gut verlötet und die Lötstelle mit Mennige gestrichen. Auch mit der Auffangstange ist der Draht oder das Drahtseil zu verlöten. Dies geschieht in der Art, daß man um die Stange eine eiserne Klammer legt und in diese den Draht, bezw. das Drahtseilende einlötet, wobei die Lötstelle angemessen zu schützen und dann die Leitung über die Dachfirst hin, an der Dachschräge entlang, auf kurzem Wege an den Gebäude-Fronten hinab und in das Grundwasser oder in einen nahe gelegenen Brunnen zu führen ist.

Man läßt der Oxydation wegen die Leitung nicht auf der Dachfläche aufliegen, sondern führt und befestigt sie auf Stützen von verzinktem (sogen. galvanisierten) Rundeisen, welche in Entfernungen von 4—5 m angebracht und einfach in den Dachsparren eingetrieben werden. Das obere Ende ist mit einer Öse zur Aufnahme des Drahtes, bezw. des Drahtseiles versehen. Bestehen die Sparren aus Eisen, so muß die Verbindung durch Nieten oder Verschrauben hergestellt werden. Drahtseile befestigt man auch in Klemmen von verzinktem Schmiedeeisen, die mit einer seitlichen Nase behufs des Einschlagens in die Mauerfuge versehen sind. Wo die Leitung ihre Richtung ändert, da ist stets der Übergang durch Bogen, nie durch Winkel oder Ecken zu bewerkstelligen, damit der Blitz an diesen Stellen nicht einen größeren Widerstand findet und von der Leitung abspringt oder dieselbe zerstört. Aus diesem Grunde soll der Draht, bezw. das Seil nicht scharf angespannt sein. Eiserne Träger in den Etagen werden, soweit zugänglich, durch Nebenleitung mit der Wandleitung verbunden.

In Betreff der Verbindung von Wasser- und Gasleitungsröhren[1]) mit der Leitung sind die Ansichten geteilt. Holtz in seiner „Theorie der Blitzableiter" verlangt, daß die Verbindung mit den betreffenden Zuleitungsröhren nicht innerhalb, sondern am besten außerhalb des Gebäudes bewirkt werde, und sofern dies nicht angehe, die Erdleitung neben ihnen verlegt und ins Grundwasser geführt werde, was in der Regel leicht ausführbar sein wird.

Wenn oben gesagt wurde: „Es sei angemessen, die Leitung von der Auffangstange auf kürzestem Wege nach der Erde hinab zu führen", so erleidet dies bei Anbringung mehrerer Auffangstangen doch eine Einschränkung durch die etwaige örtliche Beschaffenheit des Terrains, so daß es zulässig erscheint, 2—3 Auffangstangen mit einer einzigen Bodenleitung in Verbindung zu bringen.[1]) Dabei soll jedoch die Wandleitung stets an der Außenseite des Gebäudes — etwa in einem besonderen Mauer-Falz — hinabgeführt werden und jede Isolierung zwischen der Haupt- und den Nebenleitungen sorgfältig vermieden werden. Die Leitung muß ferner in allen Teilen von außen sichtbar und für Reparaturen zugänglich sein. — Regen-Abfallrohre als Leitung zu benutzen, ist unstatthaft; sie sollen aber am oberen und unteren Ende metallisch mit der Leitung verbunden werden.

Die Grundleitung. Nachdem die Wandleitung in der vorbeschriebenen Weise bis an den Erdboden geführt worden ist, muß dieselbe in schräger Richtung einen Meter tief unter Terrain und dann mit allmählichem Fall bis 1 Meter unter den bekannten niedrigsten Grundwasserstand geleitet werden: hier findet sie ihr Ende, wird in Form einer Spirale von etwa 2 m Durchmesser innig zusammengewunden und mit verzinktem Eisendraht umwickelt. Anstatt der Spirale von Draht wendet man in gewöhnlichen Fällen auch eine starke Zinkblechplatte von 0,7 m Seite an; durch diese bedeutende Vergrößerung des Querschnitts soll nämlich der Leitungswiderstand auf ein Minimum gebracht und dadurch das Eintreten des Blitzes in die Erde gefördert werden. Diese Platten von Zinkblech sind vorteilhafter als Eisenplatten, weil sie bei gleicher Dicke besser leiten und dem Rosten nicht unterworfen sind. Dagegen ist die Anwendung von Kupferplatten allerdings denjenigen von Zink vorzuziehen, nur dürfen jene aus hygienischen Gründen nicht in den Hausbrunnen verlegt werden. Wenn der Brunnen sich im Innern des Gebäudes befindet, ist überhaupt vom Einlegen der Erdplatte ganz abzuraten, weil durch das Brunnengemäuer die direkte Verbindung mit den Erdschichten unterbrochen wird. Dasselbe gilt für Cisternen, Senkgruben, Wasserreservoire. Überhaupt ist auf die an-

1) Die Röhren als Ersatz der Bodenleitung zu benutzen, hält man für fehlerhaft, wenn die Stoß-Verbindungen mit isolierendem Material gedichtet sind. Dieser Fall ereignete sich 1849 in Basel: der Blitz folgte dem Blitzableiter bis in den Boden, sprang dann ab auf ein gußeisernes, 1 m entfernt liegendes Rohr der städtischen Wasserleitung, wobei er mehrere Röhrenstücke, die mit Pech und Hanf gedichtet waren, zerstörte. — X. Kirchhoff, Specialist für Blitzableiter in Berlin, folgert daraus: daß diese Zerstörung nicht stattgefunden hätte, wenn eine Verbindung mit der Leitung vorhanden war und die Röhren, statt mit isolierendem Pech, mit Blei gedichtet worden wären. Vergl. den qu. Artikel in der „Deutschen Bauzeitung" und Nr. 10 des „Rohrleger", Jahrg. 1880.

1) Die Verbindung der Auffangstangen wird stets am First hergestellt.

gemessene Erdleitung ein ganz besonderes Gewicht zu legen und hat der die Bauaufsicht führende Architekt sich stets vorher über den Stand des Grundwassers und des nächsten fließenden Wassers zu unterrichten. Geschieht dies nicht, endet die Leitung in trockner Erde und ohne Bodenplatte, so wird der Blitz in das Gebäude treten, weil die kontinuierliche Leitung zwischen der Spitze und dem Wasser unterbrochen, oder der Leitungswiderstand in der Erde doch zu groß ist, als daß die Entladung in das Wasser erfolgen könnte.

Bei Gebäuden, welche am Bergabhange liegen, muß die Boden-Leitung häufig sehr weit geführt werden, ehe man unter Grundwasser gelangt. In diesem Falle ist es ratsam, in Abständen von 6 m kürzere Zweigleitungen mit der Hauptleitung zu verbinden. Diese letzteren legt man dann ganz seicht, damit sie vom Regenwasser benetzt werden, also bei eintretendem Gewitterregen in Wirksamkeit treten.

Am schwierigsten erweist sich im letztgenannten Falle Felsboden als Untergrund. Hier müssen die Leitungen bis zu einem entfernteren Punkte geführt und dort, wenn fließendes Wasser fehlt, ein paar Brunnen erbohrt werden. Kann die Leitung nicht unterirdisch in Gräben nach der Niederung geführt werden, so muß man dieselbe in irgend einer natürlichen oder künstlichen Senkung einbetten und mit Erd- und Laubschichten dick bedecken, damit sie bei eintretendem Regen Wasser aufnehme. Ist das Ende der Leitung dann noch in einen Brunnenschacht eingeführt, so darf auch hier auf eine dauernde Sicherung des Gebäudes gegen Blitzschlag gerechnet werden. Gestatten dagegen die örtlichen Verhältnisse eine sichere Bodenleitung nicht, so muß die Anlage des Blitzableiters unterbleiben.

Die früher übliche und viel empfohlene Umhüllung der Bodenleitung mit Holzkohle, namentlich die Methode, das Ende der Leitung, welches in ein Bohrloch versenkt ist, mit Kohle auszufüllen, ist verwerflich und daher zu unterlassen.

Bei Pulvermagazinen wird die Leitung überhaupt nicht am Gebäude selbst, sondern 2—3 m von demselben entfernt auf Mastbäumen von solcher Höhe angebracht, daß sie mit der Auffangstange um den dritten Teil ihres gegenseitigen Abstandes das Gebäude überragen.

Galvanische Prüfung der Blitzableiter. Nach erfolgter Fertigstellung ist jede Blitzableiter-Anlage zu prüfen und diese Prüfung nach den existierenden Polizei-Vorschriften gewöhnlich einmal im Jahre und außerdem bei Veränderungen am Gebäude zu wiederholen. Diese Visitation erstreckt sich nach der Instruktion:

1) auf eine sorgfältige Untersuchung der einzelnen Bestandteile nach dem Augenschein und

2) auf die Untersuchung der Leitungsfähigkeit durch Meßinstrumente.

In Bezug auf die Visitation der einzelnen Bestandteile ist zunächst festzustellen, ob die Leitung von der Spitze bis zur Bodenplatte ganz intakt sei, ob die Anzahl der Auffangstangen und deren Höhe, sowie die Dicke der Leitung angemessen und die Verbindungen richtig ausgeführt sind. Andere Fehler, welche durch den Augenschein nicht erkennbar sind, zeigt das Meßinstrument an, und hierzu verwendet man ein Galvanometer. Man befestigt zu diesem Zweck an der Spitze des Blitzableiters einen mit Seide übersponnenen Kupferdraht, welcher bis zum Boden reicht, und verbindet das untere Ende mit dem einen Pol eines einfachen, aber möglichst konstanten Elektromotors. Vom andern Pole der Batterie führt ein Leitungsdraht zum unteren Ende der oberirdischen Leitung. Wird in diesen Schließungsbogen das Galvanometer eingeschaltet, so muß sich bald an dem Ausschlage der Magnetnadel zeigen, ob die Leitung eine ununterbrochene ist. Ist nämlich die Leitung unterbrochen, so kann der Strom nicht cirkulieren und die Magnetnadel bleibt unbeweglich. — Um die Strecke ausfindig zu machen, auf welcher sich die Unterbrechung befindet, muß der längere Leitungsdraht nach und nach an verschiedenen Stellen der Blitzableiter-Leitung befestigt und das Verhalten des Galvanometers dabei beobachtet werden.

Sind bei einer derartigen Anlage mehrere Spitzen vorhanden, so wird mit einer jeden in der angegebenen Weise verfahren, und falls mehrere Leitungen nach dem Boden geführt sind, hat sich die Untersuchung auch auf eine jede derselben zu beziehen.

Um die Kontinuität der Bodenleitung zu prüfen, wird — wie vorher — ein Draht von einem Pol der galvanischen Batterie in den nächsten Brunnen geführt und dort mit einer 0,5 qm großen Metallplatte verbunden; da wo die Bodenleitung in die Erde eingeführt ist, wird ein Draht mit dem Galvanometer und von diesem mit dem andern Pol des galvanischen Elementes verbunden. Bleibt die Nadel des Instrumentes unbeweglich, so muß die Bodenleitung aufgegraben und streckenweise probiert werden.

Als Meßinstrumente zur Prüfung eignen sich besonders das Universal-Galvanometer von Siemens und das nach Angabe des Königl. preußischen Ingenieur-Komitees von der Firma Keiser & Schmidt in Berlin konstruierte Galvanometer zur Untersuchung angelegter Blitzableiter.

Eine Bestätigung der in diesem Kapitel vorgetragenen Regeln findet sich in nachfolgenden gutachtlichen Äußerungen, betreffend die Wirkungen des Blitzschlages beim Schulhause zu Elmshorn vom 20. April 1876.

Das Schulhaus ist, wie wir dem Gutachten des Dr. L. Meyen[1]) entnehmen, ziemlich neu, zweietagig, mit Ziegeldach gedeckt, die Gebäude der Nachbarschaft überragend. Das Hauptschulzimmer reicht durch die ganze Tiefe des

1) „Zeitschrift für Bauwesen", Jahrg. 1877, S. 559 u. f.

Gebäudes; seine Balkenlage ist durch einen von der Straßenfront bis zur Hoffront reichenden hölzernen Träger unterstützt, welcher letztere durch zwei gußeiserne Säulen getragen wird. Die Enden des Trägers sind mit den Fronten verankert und an den Fronten durch eine zwei Stein breite Pfeilervorlage unterstützt. In dem einen Winkel der Vorlage sind an der Straßen- und Hofseite die Regenabfallrohre von Zinkblech hinabgeführt, in dem anderen Winkel ist auf der Hofseite die Leitung des neuen, erst im Jahre 1875 nach den für öffentliche Gebäude gegebenen Vorschriften angelegten Blitzableiters hinabgeführt. Sie besteht aus einem Kupferdrahtseil von 250 g Gewicht per Meter, welches durch die Erde bis in den nahen Brunnen geführt ist, auf dessen Boden die Leitung im Wasser endigt. Die Leitung war, wo sie an dem Ankerkreuz vorbeiführt, mit demselben durch einen hin und her geführten Kupferdraht verbunden, ebenfalls, wo sie sich um die Dachrinne bog, mit letzterer durch einen solchen Draht in leitende Verbindung gebracht, wiewohl nicht damit verlötet.

Der Blitzschlag hat nun folgende Wirkungen gehabt:

1) Obwohl eine kupferne Leitung vorhanden war, hat der Blitz an der Hofseite von der Rinne aus den Zinkweg durch die Abfallröhre genommen und dabei die vorbesprochene Drahtverbindung der Leitung mit der Rinne verflüchtigt. Aus der Abfallröhre ist er in Mannshöhe herausgeschlagen, um in schräger Linie die Erde ziemlich weit vom Brunnen entfernt zu erreichen. Wo er das Abfallrohr verließ, da hat er einen vertikalen Spalt gemacht, dessen Ränder nach außen gebogen sind, ein Beweis, daß er dort ausfuhr und nicht einfuhr.

2) Auch an der Hofseite ist die Kupferdraht-Verbindung mit dem Ankerkreuz verflüchtigt, ein Zweig des Blitzes ist hier ins Innere des Gebäudes eingetreten und durch die ganze Tiefe des Hauses bis zum entgegengesetzten Ankerkreuz gegangen. Man durfte hier einen durchgehenden Eisenträger vermuten: der Augenschein aber lehrte etwas anderes.

Von einem Ankerkreuz zum anderen bildete das Drahtgewebe der Rohrdecke die Leitung. Vom Eintritt bis zur ersten eisernen Säule befand sich an der linken Seite des Trägers eine Zone, wo 2 bis 3 Eisendrähte ziemlich verflüchtigt oder verbraunt waren. Bei der ersten Säule war ein Teil des Blitzes in das Kapitäl gefahren und hatte dabei den Bleiweißgehalt der Farbe in Schwefelblei verwandelt. In der Strecke bis zur zweiten eisernen Säule hat der Blitz nur noch an den Nagelköpfen Löcher gemacht und hat sich hier an der Säule halb senkrecht, halb schräge abgezweigt. Die Säule hat jedoch nicht alles abführen können; der letzte Rest des Blitzes ist nun aus dem Kapitäl auf die Rohrdrähte der rechten Seite des Trägers gesprungen und hat hier ein Stück Decke abgerissen. Bei der Mauer angelangt, hat er diese durchschlagen, um in das außen befindliche Abfallrohr zu kommen, wobei ein Loch mit nach innen gebogenen Rändern in der Röhre entstanden ist; teils hat der Blitz das Ankerkreuz benutzt und war aus dessen nächster Spitze in das Abfallrohr gefahren.

Der Blitz hat sich also einmal bei der Zinkrinne im Hofe abgezweigt, obwohl eine Kupferleitung vorhanden war, hat sich dann durch die höchst mangelhafte Leitung eines eisernen Drahtnetzes abgezweigt, um sich in zwei Eisensäulen teilweise führen zu lassen, und endlich durch doppelten Einschlag in das Abfallrohr der Straßenfront sein Ende erreicht. Hieraus ist ersichtlich, daß die Hauptleitung zu schwach und daß auch der kupferne Verbindungsdraht, welcher Dachrinne und Leitung verband, ungenügend war. Dies geht schon daraus hervor, daß der Leitungsdraht dort, wo er die hohle Auffangstange verließ, also die Leitung allein übernahm, so heiß wurde, daß die Gasröhre eine Aufblähung erfahren hat. Die Drahtleitung war hier durch eine Klemmschraube so stark angedrückt, daß an dieser Stelle die erste Zerstörung des Drahtes stattfand. Von dort ging die Leitung über das Dach fort und war an der Unterkante scharf, unter einem spitzen Winkel, nach der Mauer gezogen. An diesem Winkel fand die zweite Zerstörung des Drahtes durch den Blitz statt.

Nach der gutachtlichen Äußerung des Prof. Karsten in Kiel variierte der Leitungsdraht sehr stark in der Dicke, und zwar von 240 Gramm bis herab zu 155 Gramm pro Meter. Dicht neben der mangelhaften Leitung befanden sich ferner zwei Nebenleitungen, nämlich:

a) die Anker mit den eisernen Deckendrähten und Säulen,
b) die Wasserrinne,

beide unvollkommen mit der Leitung verbunden. — Nach Karsten wären die Blitz-Wirkungen vermieden worden, wenn diese leitenden Teile des Gebäudes mit der (gut konstruierten) Hauptleitung durch eine gleich gut leitende Verbindung in Zusammenhang gebracht worden wären.

Das Gutachten der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom 14. Dezember 1876 zieht aus dem Umstande, daß die Leitung an zwei Stellen zerrissen worden ist, den Schluß: daß dieselbe einen zu geringen Querschnitt besaß; dieser Fehler wird jedoch nicht mit den übrigen Zerstörungen des Schlages in Zusammenhang gebracht. Es heißt dort: Die Bildung eines Zweigstromes sei zwar die Folge davon gewesen, daß die Leitung von Anfang an nicht genügt habe; aber der Grund davon wird weniger in dem geringen Querschnitt als darin gesucht, daß die Metallplatte im Brunnen zu kleine Dimensionen besaß. Es wird zu dem Ende eine Erdplatte von mindestens 0,50 qm Fläche empfohlen (was freilich unverhältnismäßige Kosten verursachen dürfte) und nebenher

bemerkt, daß die beste Ableitung erhalten wird, wenn man in der Nähe des zu schützenden Hauses liegende, stärkere Wasser- oder Gasleitungs-Röhren mit dem Blitzableiter verbindet.

Die Akademie der Wissenschaften sieht hiernach in der ungenügenden Ableitung der Elektricität zur Erde den Hauptgrund der Beschädigungen, welche der Blitz in dem Schulhause zu Elmshorn angerichtet hat. Als wesentliches Moment kommt aber die unvollkommene Leitung durch den mit der Hauptleitung verbundenen Anker, Eisensäulen, Dachrinnen hinzu. Diese Metallmassen hätten an ihrem unteren Ende mit der Hauptleitung verbunden oder direkt zur Erde abgeleitet sein sollen. Der Anker dagegen war isoliert zu lassen und die Leitung in größerer Entfernung von ihm zu führen.

Das Gutachten verbreitet sich sodann über die „Leitungen“ der Blitzabeiter, indem es, statt der gegenwärtig üblichen Blitzableiter von Kupfer, solche von Eisen empfiehlt. Zwar müsse die Eisenleitung, um gleichen Widerstand zu leisten, einen 7 mal so großen Querschnitt haben, aber auch dann seien die Kosten bei Anwendung von Eisen geringer als bei Kupfer. Dabei schmilzt das Eisen erst bei höherer Temperatur und ist weniger böswilligen Beschädigungen ausgesetzt. Im übrigen genüge nach zahlreichen Erfahrungen für eine eiserne Leitung in allen Fällen ein Querschnitt von 1 bis höchstens 2 qcm.

Dritter Abschnitt.

Der Grundbau.

Vorbemerkungen.

Die Festigkeit und Dauer eines Gebäudes hängt nicht allein von der Güte der verwendeten Materialien und deren zweckmäßiger Verbindung ab, sondern es muß dasselbe auch vor allem auf fester, tragfähiger und unwandelbarer Unterlage ruhen. Diese Unterlage darf, solange das Gebäude darauf steht, keinerlei Veränderungen erfahren, sie muß vielmehr unter allen Umständen dasselbe überdauern. Weil nun eine nachträgliche Befestigung des Untergrundes sich in den meisten Fällen selbst dann nicht vornehmen läßt, wenn auch der Kostenpunkt nicht in Betracht käme, so wird man schon vor der Inangriffnahme des Baues mit aller Vorsicht die Untersuchung des Baugrundes zu betreiben haben.

Die Kenntnis der Lehre vom „Grundbau" ist daher für jeden gebildeten Architekten von der größten Wichtigkeit; auch genügt es nicht mehr, sich lediglich in dem ausgetretenen Gleise der älteren Methoden zu bewegen, nachdem viele der früheren Konstruktionen im Gebiete des Grundbaues unter dem Einflusse wichtiger Verbesserungen eine veränderte Gestalt erhalten haben, neue Fundierungsmethoden erfunden und im großartigsten Maßstabe zur Anwendung gelangt sind. Gründungen, welche nach älterer Methode gar nicht, oder nur mit unverhältnismäßigen Kosten möglich waren, werden jetzt nur unter ausgedehnter Benutzung von Baumaschinen und anderen sinnreichen Apparaten schnell, sicher und mit relativ geringem Kostenaufwande ausgeführt. Hierbei spielt die bessere Kenntnis hydraulischer Bindemittel und vor allem der leicht zu handhabende, im Wasser zu einer kompakten Masse sich umwandelnde Cement, eine hervorragende Rolle.

Bevor wir aber zu den eigentlichen Fundierungen übergehen, d. h. zu den Mitteln, mit welchen eine feste Basis für das Bauwerk geschaffen werden kann, müssen wir die Beschaffenheit des Baugrundes einer näheren Betrachtung unterziehen.

§ 1.

Unter Baugrund versteht man die Bodenschicht, auf welcher ein Gebäude errichtet werden soll, die es daher mit seinen untersten Konstruktionsteilen berührt, im Gegensatz zur Baustelle, welche den, für die Errichtung desselben bestimmten Teil der Erdoberfläche bezeichnet. In der Regel ist — mit Ausnahme der Fälle, wo zusammenhängendes, festes Gestein zu Tage tritt — die oberste Schicht des natürlichen Bodens von Pflanzenwurzeln durchzogen; dieser lockere Mutterboden würde von der Last eines darauf gestellten Gebäudes zusammengedrückt werden. Dasselbe würde stattfinden, wenn die obere Erdschicht aus aufgefülltem Boden, Schutt u. dgl. besteht. Da endlich der Regen in die meisten Bodenarten eindringt und dieselben erweicht, so wird das eingedrungene Wasser, wenn der Frost diese Schichten erreicht, sich beim Gefrieren ausdehnen und die Sohle des aufgelagerten Bauwerkes emporheben, während beim Schmelzen des Eises die Bodenschicht auf ihr geringeres Volumen zurückgeht, wobei die Fundamentsohle wiederum sinkt. Um also dem Bauwerk eine ausreichend feste, unwandelbare Basis zu schaffen, muß dasselbe so weit unter die Oberfläche hinabgeführt werden, bis eine genügend tragfähige Erdschicht angetroffen wird, welche gleichzeitig dem Einfluß der Atmosphärilien entrückt ist. Die oberen Schichten des Baugrundes — sofern sie nicht aus frost- und wetterbeständigen Felsen bestehen — sind demnach auf eine, der Größe des Bauwerkes entsprechende Ausdehnung abzutragen (abzuschachten), und diese Aushebung, welche man die Baugrube nennt, ist so tief anzulegen, daß ihre Sohle unter der Frostlinie, also in unseren Gegenden 1—1,5 m unter

der Oberfläche bleibt. Findet sich in solcher Tiefe eine tragfähige, wenig zusammendrückbare und genügend mächtige Schicht vor, so kann das Bauwerk, nach geschehener Abgleichung der Sohle, direkt darauf gesetzt werden, wenn der Neigungswinkel der Schicht ein derartiger ist, daß nicht etwa Rutschungen oder Unterspülungen zu besorgen sind.

Wird in solcher Tiefe nicht eine Schicht von genügender Tragfähigkeit gefunden, so sucht man diese entweder durch weiteres Aufgraben in größerer Tiefe zu erreichen, oder, wo dies nicht statthaft ist, sucht man den Untergrund durch Verdichten oder durch steife Zwischenlagen so umzugestalten, daß auf dem vorbereiteten Grunde nunmehr die Aufführung des Bauwerkes zulässig ist. Welche Mittel zur Befestigung des Baugrundes anzuwenden sein werden, das hängt im wesentlichen davon ab, ob die Fundierung im Trocknen oder unter Wasser geschieht.

Da aber die mineralogische Beschaffenheit der Erdschichten und deren Lagerungsverhältnisse mannigfach wechselnder Art sind, so wird man das Bauwerk entweder direkt auf die Sohle der Baugrube aufsetzen können, oder man wird mehr, resp. weniger Zwischenlagen zur Ausführung des Grundbaues nötig haben, und danach pflegt man in der Praxis den Baugrund wohl als „gut“, „mittelgut“ oder „schlecht“ zu unterscheiden.

Als fest, tragfähig und unzusammendrückbar, d. h. als guter Baugrund sind zu bezeichnen:

1) alle schwer verwitternden Felsarten, welche in zusammenhängenden, söhligen Lagen (Bänken) auftreten, alle fest gelagerte Breccien mit verkittendem Bindemittel (Nagelflue), sofern die Mächtigkeit der Schicht nicht unter 3 m beträgt und dieselbe auf fester Unterlage ruht;

2) Sand und Kies, wenn derselbe bei gleicher Mächtigkeit gegen seitliches Ausweichen und gegen Unterspülung geschützt ist;

3) trockner Thon von hinreichender Mächtigkeit.

In allen vorgenannten Fällen wird der Baugrund ohne Anwendung künstlicher Mittel selbst zum Tragen bedeutender Bauwerke geeignet sein.

Zusammendrückbar und daher in der Regel nicht ausreichend fest sind dagegen alle leicht verwitternden Gesteine, ferner unreiner Sand und Kies, wenn die erdigen über die steinigen Bestandteile vorherrschen und die Massen von Wasser durchdrungen sind.

Zum schlechten Baugrund gehören alle leichten, trocknen, aufgeschütteten Massen, auch Dammerde, Schlamm, Torf und Moorerde.

Aus der vorstehenden Klassifikation ergiebt sich als Resultat: daß die Tragfähigkeit eines Baugrundes wesentlich auf der Gleichförmigkeit und Festigkeit des Materials, der Mächtigkeit und Lagerungsart der Schichten und ihrem Verhalten gegen die Einwirkung des Wassers und der Atmosphäre beruht. Zu den vorstehenden Andeutungen werden einige speziellere Betrachtungen unerläßlich sein.

1) Der geschlossene Fels hat bei annähernd horizontaler (söhliger) Schichtung für die meisten Bauwerke eine ausreichende Tragfähigkeit, wenn die Mächtigkeit desselben nicht unter 3—4 m beträgt und die Bänke stetige Ausdehnung haben, auch nicht durch Klüfte und Ablösungen getrennt sind, wie solche häufig im Dolomit und beim Gips vorkommen, in welchem das Wasser durch allmähliche Lösung der Masse Höhlungen auswäscht. Im letzteren Falle erscheint auch der Felsboden unsicher.

An Orten, wo Bergbau betrieben wird, kann der Fels durch den Abbau der Flötze ebenso leicht seine Unterstützung verlieren, ein Fall, der namentlich häufiger beim Steinkohlenbergbau eintritt, wo große Massen herausgefördert wurden und infolgedessen, nach einer Reihe von Jahren, Einsenkungen entstehen. Hier müssen die entstandenen Höhlungen vorher soweit angänglich ausgefüllt oder mit künstlichen Stützpfeilern unterfangen werden.[1]) Noch gefährlicher kann der Felsboden werden, wenn derselbe in ungenügender Mächtigkeit auf Thonschichten lagert, welche von Wasseradern durchzogen werden. Der durchweichte Lehm dient dann als Gleitmittel, auf welchem die Felstrümmer in Bewegung geraten können. — Andere Felsarten unterliegen einer schnellen Verwitterung unter Einfluß des Wassers und der Luft; werden dann schwere Gebäude am Abhange des Felsens aufgeführt, so können diese, wenn nicht geeignete Schutzmaßregeln getroffen sind, mit der Zeit in Gefahr geraten, wie an einzelnen Burgruinen des Mittelalters zu ersehen ist.

In allen diesen Fällen wird der ausführende Baumeister sich durch Bohrungen und sonstige Untersuchungen darüber Gewißheit zu verschaffen haben, ob der Felsen eine zusammenhängende, geschlossene Masse bildet, oder ob er aus sogenannten losen Geschieben besteht. —

2) Der Kies kann als eine, bei starker Wasserströmung entstandene, aus gerundeten Stücken bestehende Rollsteinablagerung bezeichnet werden; er ist daher durchgängig fest gelagert und gilt bei 3—4 m Mächtigkeit als geeignet, um schwere Bauwerke mit Sicherheit zu tragen, vorausgesetzt, daß er nicht selbst auf komprimierbaren oder lockeren Schichten ruht. Liegt die Fundamentsohle im Kiesboden, aber unter Grundwasser, und befürchtet man starken Auftrieb, also Lockerung des Materials, so empfiehlt es sich, unter Vermeidung des Wasserschöpfens eine entsprechend starke Betonunterlage zu senken, ehe mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen wird.

1) Die Senkungen und Trennungen, welche man an vielen Gebäuden der Stadt Essen bemerkt, sind auf solche Exkavationen der in früherer Zeit ausgebeuteten Kohlenflötze zurückzuführen. Vergl. L. Clasen, Handbuch der Fundierungsmethoden, S. 4.

3) Auch festgelagerter Sand gilt als guter Baugrund, denn er läßt sich nur in sehr geringem Maße zusammendrücken, und der auf ihn ausgeübte Vertikaldruck pflanzt sich nur in bestimmten Grenzen seitlich fort. Bei genügender Mächtigkeit nimmt seine Tragfähigkeit mit der Tiefe zu, dagegen setzt er wegen des geringen Gewichtes der einzelnen Körner dem Angriff fließenden Wassers nur geringen Widerstand entgegen. Aus diesem Grunde soll man, wenn die Fundamentsohle im Grundwasser liegt, das Wasserschöpfen möglichst vermeiden, damit nicht der Grund aufgelockert werde. Am zweckmäßigsten wird sich hierbei eine Betonschüttung erweisen, welche die Quellen verstopft und ein wasserdichtes Bett herstellt. — Am besten, der Textur nach, ist der grobkörnige, scharfe Sand, doch kann auch Sand von feinem Korn unter günstigen Verhältnissen noch als guter Baugrund gelten, namentlich wenn das Unterspülen der Baugrube durch seitliche Begrenzung der Baustelle sorgsam verhindert wird. — Da die Sandkörner infolge starker Reibung sich in ihrer Lage zu einander erhalten und den Druck gleichmäßig verteilen, so hat man den Sand mit Vorteil auch als Zwischenlage auf andere Erdarten aufgeschüttet und dadurch den Druck der Fundamente auf eine größere Grundfläche zu verteilen gesucht.

Der Thon, besonders der blau gefärbte, gehört nicht zu den vorzüglichsten Baugründen, und namentlich dann nicht, wenn er abwechselnd vom Wasser erweicht und wieder trocken werden kann; seine Masse wird dadurch eine wechselnde, und durch die Volumveränderung wird eine Bewegung hervorgerufen, das Gebäude wird sich setzen, was demselben gefährlich werden kann. Schon aus diesem Grunde muß man in Thonboden so tief hinabgehen, daß die Schichten der Einwirkung der Atmosphäre entzogen sind und die erwähnte Volumveränderung nicht zu befürchten steht. Bleibt andererseits der Feuchtigkeitsgrad des Materials konstant derselbe, so kann es zu den guten Baugründen gerechnet werden; immer aber wird bei Fundierungen auf Thon mit großer Vorsicht zu verfahren sein. Ist z. B. der Thon sehr fett, bekommt derselbe beim Austrocknen Risse und ist dabei ein ungleichmäßiges Setzen der Fundamentsohle vorauszusehen, so kann es zweckmäßig sein, wie oben schon erwähnt wurde, die Fundamente auf eine entsprechend breite und hohe Sandschicht zu stellen. Ist der Thon weich, nachgiebig und wenig dicht, so kann man durch Einstampfen einer oder mehrerer Lagen von faustgroßen Steinen denselben verdichten und auf solche Weise auch weichen Boden, wenn nur genügend feste Schichten darunter liegen, zum Tragen großer Lasten geschickt machen.

Alle aus Thon und Sand gemischten Bodenarten haben, je nachdem der eine oder der andere Bestandteil vorherrscht, mehr die Eigenschaften des Thones oder des Sandes. Eigentlicher Lehm, besonders solcher von hellgelber Farbe und mit Sand und Steinen gemischt, ist bei genügender Mächtigkeit ein sehr guter Baugrund; auf eine 3—4 m mächtige Schicht desselben von genügender Flächenausdehnung kann ein mehrstöckiges Gebäude ohne weitere künstliche Befestigung gesetzt werden.

Humus, Torf und Moor, welche durch Mischung mit vegetabilischer Substanz weich und veränderlich sind, gelten als schlechter Baugrund, bei dem man immer auf ein gewisses „Setzen" wird rechnen müssen und danach seine Einrichtungen zu treffen hat. Auf derartigem Baugrunde sollten nur Gebäude errichtet werden, welche weder die Tragfähigkeit des Bodens erheblich beanspruchen, noch auf längere Dauer berechnet sind, also provisorische Bauten und Fachwerkbauten aus Holz oder Eisen. Hierher gehört auch aller aufgeschüttete Boden, mit Ausnahme der oben genannten Sandschüttungen.

Diese Baugründe liegen nun entweder ganz trocken oder sind immer, resp. nur zuweilen von Wasser aufgeweicht. Im letzten Falle nennt man den Grund feucht oder, wenn er aufgeweicht und sehr nachgebend ist, sumpfig.

Die Höhe, bis zu welcher ein Terrain von Wasser durchzogen ist, nennt man die Höhe des Grundwasserstandes; sie wird bedingt durch den Wasserstand nahe liegender, großer Wasserbehälter (Seen, Teiche, Flüsse). Weil diese nun, wie bekannt, gewissen Veränderungen durch Quellenreichtum und atmosphärische Niederschläge unterworfen sind, wird auch der Stand des Grundwassers zu verschiedenen Jahreszeiten ein veränderlicher sein, ein Umstand, der für manche Fundierungsarbeiten von Bedeutung ist. — Dringt das Wasser nur an einzelnen Stellen der Baugrube in Form von Quellen hervor, so heißt der Grund: Quellgrund.

§ 2.

Das Gewicht, welches ein guter Baugrund auf die Dauer zu tragen im stande ist, hängt wiederum außer von der Mächtigkeit der Schicht auch von der Struktur derselben ab, bei Felsboden also von der bekanntlich sehr verschiedenen Härte und Festigkeit des betreffenden Gesteines. Folgende Tabelle giebt die Druckfestigkeit verschiedener Felsarten in Quadratcentimetern und Kilogrammen an, die man jedoch in der Praxis etwa nur mit dem 10. Teile in Anspruch zu nehmen pflegt.

Basalt	1200—1800	kg
Basaltlava	400—700	„
Granit	360—1000	„
Grauwacke	600—800	„
Kalkstein	200—240	„
Marmor	220—500	„
Porphyr	300—500	„
Sandstein	150—550	„

Serpentin	700—800 kg
Syenit	1000—1200 „
Tuffstein	50—60 „
Trachyt	60—200 „

Den auf den Baugrund ausgeübten Druck empfängt auch die Unterfläche des Baumateriales, welches gestützt werden soll: über die zulässige Inanspruchnahme des letzteren darf also der Baugrund auch nicht belastet werden. Bei Backsteinen und Bruchsteinen, aus welchen unser Fundamentgemäuer in den gewöhnlichsten Fällen besteht, beträgt die zulässige Inanspruchnahme auf Druck etwa 8 — 9 kg pro qcm, während die Druckfestigkeit des Betons 5—6 kg pro qcm beträgt. Da nun die meisten der vorgenannten Felsarten eine weit höhere Belastung erlauben, so wird bei Fundierung auf Felsen eine Verbreiterung der Fundamentsohle höchstens bei Tuffstein und Trachyt erforderlich sein, um eine größere Bodenfläche zum Tragen zu bringen.

Festgelagerter Kies, Sand und massiger Thonboden darf durchschnittlich mit 5 kg pro qcm belastet werden. Wo eine Sandschicht als Zwischenlage auf ungenügenden Baugrund aufgeschüttet wird, kann man sie ohne Bedenken noch mit 3 kg pro qcm belasten. — Der Alluvialboden unserer norddeutschen Ebene wird im Maximum mit 4 kg pro qcm in Anspruch zu nehmen sein. Die Baupolizei-Ordnung für Berlin gestattet nur eine Belastung von 2,5 kg pro qcm.

Die Vorarbeiten des Grundbaues.

A. Untersuchung des Baugrundes.

§ 3.

Um über die Güte und Beschaffenheit eines gegebenen Baugrundes sicheren Aufschluß zu erhalten, haben sich die in diesem Sinne erforderlichen Untersuchungen zu erstrecken: auf die geologische Beschaffenheit der einzelnen Bodenschichten, auf ihre Mächtigkeit, ihre Tragfähigkeit und ihr Verhalten gegen die äußeren Einflüsse der Atmosphäre. Bei einfachen geologischen Verhältnissen, oder wo Erfahrungen über Gründungen in der Nähe der Baustelle vorliegen, werden häufig spezielle Bodenuntersuchungen unterbleiben können; dagegen wird in allen zweifelhaften Fällen eine sorgfältige Untersuchung erforderlich sein, weil der, mit einer künstlichen Fundierung verbundene Zeit- und Geldaufwand häufig bestimmend sein kann, die Baustelle zu verlassen und einen geeigneteren Baugrund zu wählen.

Die Mittel, deren man sich zur Untersuchung des Baugrundes bedient, sind folgende:

1) Das Aufgraben.
2) Die Untersuchung mit dem Sondiereisen.
3) Die Untersuchung mit dem Erdbohrer.
4) Das Einschlagen von Probepfählen.
5) Das Belasten.

I. Das Aufgraben giebt den sichersten Aufschluß über die Bodenbeschaffenheit der in Betracht kommenden Schichten; aber dies Verfahren ist in großer Tiefe und bei starkem Wasserandrange wegen der notwendigen, kostspieligen Absteifungen nicht wohl anwendbar. Aus diesem Grunde gewährt es auch in dem aufgeschwemmten Boden der Flußthäler nur geringe Sicherheit, weil aus wenigen durchgrabenen Sandablagerungen noch nicht mit Gewißheit gefolgert werden kann, daß dieselben auf festem Untergrunde ruhen.

II. Das Sondiereisen besteht aus einer runden oder rechteckigen Eisenstange (Fig. 1) von 2,5 — 4 m Länge und 3 — 4 cm Stärke, welche am oberen Ende mit einem Öhr versehen ist, um einen starken Bügel durchstecken zu können, mit dessen Hilfe sie von mehreren Arbeitern durch Drehen und Stoßen leicht in den Boden getrieben wird. Für größere Tiefen schraubt man sie aus mehreren Stücken zusammen. Dieses Eisen wird, nachdem man vorher bis zur Grundwasserhöhe aufgegraben hat, häufig mit Hilfe eines schweren Hammers drehend in den Boden getrieben, und aus dem leichteren oder schwereren Eindringen desselben in den Boden schließt man auf die größere oder geringere Tragfähigkeit desselben, während beim Herausziehen die etwa am Eisen haftenden Spuren auch die geologische Natur der durchstoßenen Schichten erkennen lassen. So zeigt sich das Eisen, soweit es im Sande war, leicht poliert; Spuren von Lehm oder Torf sind durch die Färbung erkennbar. Das Anhängen von Proben des durchstoßenen Bodens läßt sich dadurch befördern, daß man das Eisen mit einigen kleinen Vertiefungen versieht und diese mit Talg ausfüllt. Trotz alledem sind die mit dem Visitiereisen zu erreichenden Resultate ungenau und unsicher, denn es ist schwer zu bestimmen, in welcher Tiefe sich die Höhlungen gefüllt haben. Zur Handhabung des Sondiereisens gehören sehr geübte Arbeiter.

Fig. 1.

III. Der Erdbohrer ist dasjenige Instrument, welches die zuverlässigsten Resultate bei Untersuchung des Baugrundes gewährt; es giebt deren mehrere Arten und von so zweckmäßiger Konstruktion, daß man nicht leicht in die Verlegenheit kommt, eine solche Vorrichtung selbst angeben zu müssen. Jeder Erdbohrer besteht aus dem eigentlichen „Bohrer“, d. h. dem den Boden unmittelbar angreifenden Instrument und der daran befestigten, über das Terrain emporreichenden Bohrstange oder dem „Gestänge“, und an letzterem unterscheidet man das obere oder Kopfstück von den Mittel- oder Verlängerungsstücken. Für bauliche Zwecke erstrecken sich die Bohrungen selten tiefer als auf

20 m und die Bohrer haben gewöhnlich 7—12 cm Durchmesser. Man unterscheidet dabei Bohrer mit steifem Gestänge und Seilbohrer; letztere finden im Felsboden Anwendung und lediglich zu dem Zwecke, um das große Gewicht des Gestänges zu vermeiden.

Aus dem in kleinen Massen aus dem Bohrloch herausgeschafften Boden, sowie aus der Tiefe des Loches wird die Kenntnis der Bodenschichten erlangt.

Die Gestalt der Bohrer ist verschieden, je nach der zu erbohrenden Erdart; unter den mannigfaltigen Einrichtungen dieser Art heben wir besonders folgende hervor:

a) den eigentlichen Erdbohrer, der gedreht wird und wirklich bohrt (für Humus, Moor, Lehm, Thon, auch in Kies und Sand anwendbar);

b) den Sandbohrer, der den Boden schöpft (für Erde, Sand und Kies);

c) den Steinbohrer, zum Bohren von Gestein.

Die eigentlichen Erdbohrer sind — je nach der Konsistenz des Erdmaterials, das durchbohrt werden soll — mehr oder weniger geschlossene Cylinder, die man entweder mit einer durchgehenden, zugespitzten oder in einer Schraube endigenden Achse versieht, oder es wird der obere Teil des Cylindermantels mit dem Bohrgestänge verschweißt oder vernietet. Anstatt des Cylinders wählt man für weniger konsistente Bodenarten häufig eine konische Form des Mantels.

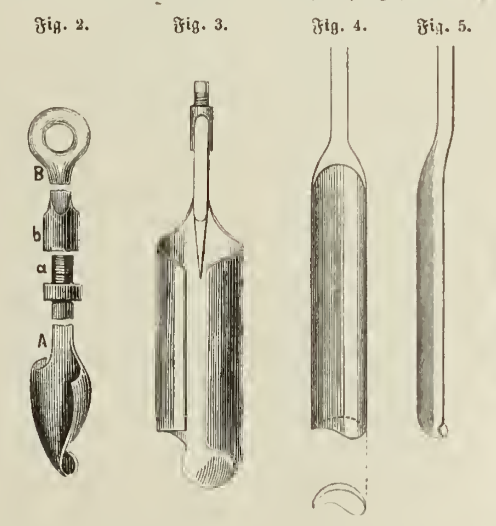
Zum Durchschneiden des Rasens und der in den oberen Bodenschichten vorkommenden Wurzeln benutzt man den Schneidebohrer (Fig. 2) einen aus Stahl hergestellten Löffel mit schraubenförmiger Endung, der mit dem 3 bis 4 cm starken Bohrgestänge verschweißt ist. Die Bohrstange endet bei a in einem Schraubengewinde, auf welches das Kopfstück B mittels einer Schraubenhülse aufgeschraubt wird; das runde Öhr desselben dient zum Durchstecken einer Handhabe, mittels welcher der Bohrer gedreht wird. Zur Verlängerung des Gestänges kann man nach Erfordern beliebig viele Mittelstücke (von 2 bis 4 m Länge) dazwischenschrauben.

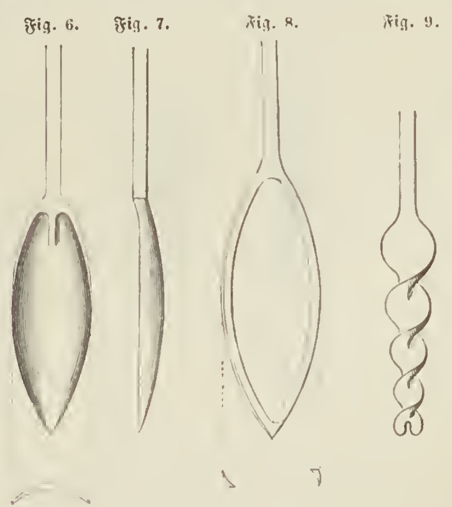
Zum Durchbohren von Thonschichten benutzt man den Bohrer Fig. 3, dessen Mantel aus Stahlblech besteht, welches cylindrisch so gerollt wird, daß ein Schlitz offen bleibt. Die Kanten des Schlitzes sind deshalb zugeschärft und beim Drehen desselben wird die Erdmasse abgeschnitten und in den Cylinder gepreßt. Je fester die Erdschichten sind, desto größer kann der seitliche Schlitz sein, doch bleibt derselbe häufig auch ganz fort, indem das Stahlblech uhrfederartig gerollt ist; in den Zwischenräumen der Windung bleibt dann beim Heraufziehen des Bohrers das Thonmaterial haften.

Wenn der Bohrer im Querschnitt nur einen Halbkreis oder ein Segment bildet, so nennt man das Instrument einen Löffelbohrer[1]) (Fig. 4 und 5); derselbe kann bei zähem Thon, fester Erde und weichem Gestein Anwendung finden. Häufig dient er nur zum Eröffnen eines kleineren Bohrloches, welches dann mit einem zweiten Bohrer erweitert wird. Alle zur Erweiterung benutzten Bohrer müssen in eine Spitze auslaufen, damit sie sich genau in die Achse des Bohrloches einstellen lassen. (Fig. 6 und 7.)

Zum scharfen Einschneiden in Thonboden, gleichzeitig zum Herausziehen des Materials dient der „reifartige Bohrer“ Fig. 8, der aus Fig. 6 durch Fortfall des Löffelrückens entsteht.

Zur Erweiterung von Bohrlöchern dient auch die in Fig. 9 dargestellte sogen. amerikanische Zunge, mit mehreren Schraubenwindungen, und der Trepanierbohrer



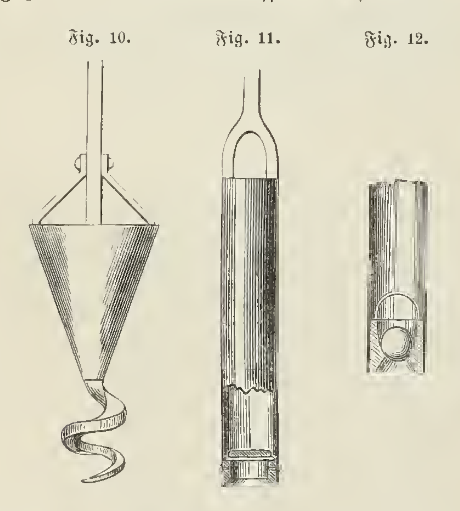


1) Diese und die folgenden Figuren sind entlehnt dem vortrefflichen Werke: „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“. Herausgegeben von Edmund Heusinger von Waldegg. I. Bd., VII. Kapitel. „Grundbau“, bearbeitet von G. Meyer (Leipzig, Engelmann's Verlag).

mit ∽förmigem Querschnitt, der zu unterst in eine scharfe Spitze ausläuft.

Wo die Bohrlöcher durch leichter bewegliche Schichten (z. B. im Alluvialboden durch wechselnde Lagen von Lehm, Sand, Kies, Letten) getrieben werden müssen, da werden sich die Seitenwände, namentlich unter Wasser, nicht halten und es ist daher eine Ausfütterung des Bohrlochs durch Röhren erforderlich. Diese sogen. Futterröhren haben dann die volle Weite des Bohrlochs und werden in dem Sinne nachgetrieben, wie der Bohrer fortschreitet. Will man den letzteren aber herausziehen oder einführen, so muß er sich auf die Innenweite der Röhre zurückbringen lassen, was dadurch erreicht wird, daß der eine Schenkel desselben um ein Scharnier drehbar gemacht und beide durch eine Stahlfeder auseinandergehalten sind, wenn der Bohrer unterhalb der Futterröhre arbeitet, während er beim Bewegen durch die Röhre auf das vorschriftsmäßige Maß zurückgeht. Die Vorrichtung nennt man die Krebsschere.

ad b) Bestehen die zu untersuchenden Erdschichten aus feinkörnigem Sande oder aus schlammigem Boden, so benutzt man zum Bohren den eigentlichen Sandbohrer oder die Sandkelle. Die letztere (Fig. 10) ist ein oben offener Trichter mit unterer, schraubenförmiger Fortsetzung; beim Eintreiben des Bohrers durch Drehen füllt sich der Trichter mit Sand und wird alsdann herausgezogen. — Neuerdings benutzt man häufiger den Ventilbohrer oder Ventillöffel (Fig. 11), einen unten offenen Cylinder von Eisen-


Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

blech, der 30—80 cm Länge hat. An seinem unteren Ende befindet sich ein Klapp- oder Kugelventil (Fig. 12), durch welches die Erde in den Cylinder eindringt. Dieses Instrument wird mittels einer leichten Stange oder durch ein Hanfseil möglichst rasch auf und nieder bewegt, wobei das Ventil sich abwechselnd öffnet und schließt und dadurch der Cylinder sich mit Sand füllt. Beim Aufwuchten des Bohrers kann man an der ausgehobenen Erde die Zusammensetzung des Bodens in verschiedenen Tiefen sicher erkennen, wenn der Wasserandrang nicht zu heftig ist. Im letzteren Falle kommt dann häufig das Bohren unter Anwendung von Futterröhren zur Anwendung. Ist nämlich der Wasserandrang so stark, daß der Sand dadurch aufgelockert wird, so sinkt das flüssige Material unaufhörlich nach und verschüttet das Bohrloch, sobald der Ventilbohrer hochgezogen wird, ja der geförderte Boden kann dabei so aufgelockert werden, daß die konsistente und tragfähige Sandschicht ähnlich dem Triebsand erscheint und zu unnötiger Vertiefung des Bohrlochs anregt. In diesem Falle leisten die Futterröhren vorzügliche Dienste, indem sie die Wandungen des Bohrlochs fest erhalten. Ihr Durchmesser wechselt zwischen 0,1 und 0,15 m, wenn es sich um bloße Bodenuntersuchungen handelt; für tiefere Bohrlöcher macht man sie erheblich weiter. — In dem Sinne, wie der Bohrer tiefer dringt, müssen dann die Röhren nachgetrieben und zu dem Ende so eingerichtet werden, daß man neue Stücke aufpfropfen kann. Gewöhnlich werden die einzelnen, aus Eisenblech von 3—4 mm Wandstärke hergerichteten, 1,2 m langen Röhrenstücke durch mit Gewinde versehene äußere Muffen verschraubt; seltener bestehen sie aus Gußeisen oder Holz. Sie dürfen im Innern keinerlei Vorsprünge haben und erhalten im untersten Teil eine ringförmige Verstärkung, damit sie den Widerstand des Bodens leichter überwinden. — Das Eintreiben der Röhren geschieht bei geringen Tiefen durch Drehen mittels umgelegter Zwingen, bei größerer Tiefe durch Einrammen, wobei besondere Holzklötze untergelegt werden. Die Weite des Futterrohres wird dabei mindestens 4 cm größer genommen, als der Durchmesser des Sandbohrers.

Diese Methode, im Schwimmsand zu bohren, ist noch mit einem Nachteil behaftet, indem die im Bohrloch hochgetriebenen Sandteile das Gestänge verklemmen und die Arbeit derartig hindern, daß der Ventilbohrer seine Dienste vollständig versagt. Um solche Übelstände zu vermeiden, hat Jensen nach einer schon früher von Fouvelle für Felsbohrungen angewandten Methode Druckwasser verwendet, d. h. in das Futterrohr ein engeres Druckrohr eingeschoben, durch welches mittels einer Druckpumpe ein Wasserstrahl unter starkem Druck auf den sandigen Grund unterhalb des Futterrohres geleitet ist. Hierbei lockert das eingetriebene Wasser die Bodenteile auf der Sohle des Bohrlochs auf und treibt den Sand in dem ringförmigen Raume zwischen dem Gestänge und der Futterröhre rapid zu Tage, wobei die Bohrung sichtlich vorschreitet.[1]) Es wird übrigens auch zum Eintreiben von Pfählen und Spundwänden Druckwasser verwendet.

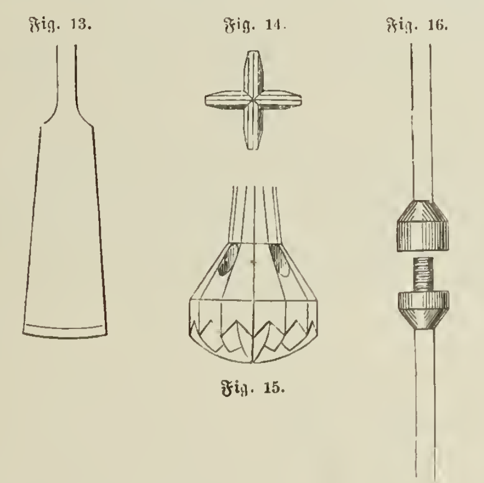
---

1) Vergl. die Mitteilung von Hübbe über „Bohrungen an der Elbe" unter Anwendung von Druckwasser in: Deutsche Bauzeitung 1873, S. 92.

Die Ingenieure Chauvit und Catelineau haben durch Versuche auch die Geschwindigkeit festzustellen versucht, mit welcher der Wasserstrom eindringen mußte, um Bodenteile von verschiedenem Korn zu heben. Es hob hiernach[1]) ein Wasserstrom von:

0,1 m Geschwindigkeit feinen Sand,
0,2 m „ groben Sand,
0,5 m „ Grand von 2 cm Korn,
1,0 m „ kleine Kiesel.

ad c) Zum Bohren in Felsboden bedient man sich der sogen. Meißelbohrer, die mit einem festen Gestänge oder an Seilen gehoben werden und beim Niederfallen das Gestein zertrümmern. Hierbei wird der Bohrer nach jedem Schlage etwas gedreht, um immer neue Stellen des Gesteins zu treffen. Der Bohrmeißel (Fig. 13) besteht, wenigstens im unteren Teil, aus Stahl und wird gehärtet, nach unten schlank ausgeschmiedet und mit einer „Schneide“ — deren Flächen etwa unter 45° zusammenlaufen — versehen. Die Schneide ist nicht gerade, sondern schwach gekrümmt hergestellt; auch soll sie beim Schärfen immer wieder zu ihrer vollen Länge ausgeschmiedet werden, damit sich das

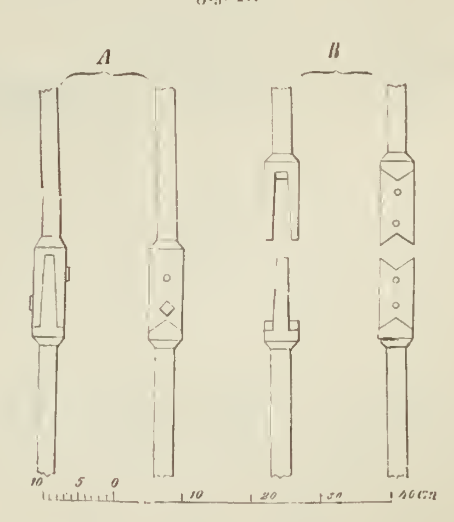

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 16. Fig. 15.

Bohrloch nach unten nicht verengt. Um die Arbeit zu fördern und den Bohrer zu schonen, gießt man Wasser in das Bohrloch, wenn solches nicht in Form von Grundwasser vorhanden ist. Der Bohrschlamm muß ab und zu durch einen Löffelbohrer entfernt werden. — Neben dem einfachen Meißelbohrer kommt noch der Kreuzbohrer (Fig. 14 im Grundriß) und der Kronenbohrer (Fig. 15) für die verschieden gearteten Steine zur Anwendung. Der letztere besteht aus mehreren sich kreuzenden Meißelschneiden und wird ebenfalls drehend in Funktion gesetzt.

Unebenheiten am Umfange des Bohrlochs werden durch Flügelbohrer u. dergl. fortgenommen und diese — um sie bequem schärfen zu können — mit Keilen oder Schrauben an der Bohrstange befestigt.

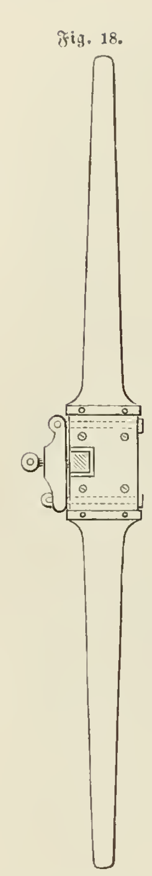
Das schmiedeeiserne Bohrgestänge besteht — außer bei geringen Bohrtiefen — aus einzelnen Gliedern oder Mittelstücken von 3—5 m Länge bei einer Stärke von 2,5—3 cm im Quadrat, welche auf verschiedene Art miteinander verbunden werden können. In Fig. 16 ist das Ende des einen Gliedes mit einer Schraubenspindel, das andere mit einer Schraubenmutter versehen, und das Gestänge ist an der Verbindungsstelle verstärkt. Wenn man die aufeinander treffenden Flächen flach ansteigend abdreht und Sorge trägt, daß die Schraubenspindel den Grund der Schraubenmutter nicht ganz erreichen kann, so wird man die einzelnen Glieder fest miteinander verbinden können und die abgedrehten Flächen werden eine genaue Centrierung des Gestänges erwirken. Diese Verbindungsart ist zwar einfach und von der Art, daß ein längeres Gestänge nicht leicht schlottert, aber sie hat den Übelstand, daß man das letztere nur nach einer Seite drehen kann; auch rosten die Schraubenmuttern leicht ein, was ebenfalls als ein Nachteil bezeichnet werden muß. Man hat zu dem Ende die Verstärkungen der Schraubenspindeln sechseckig gemacht und ebensolche Muffen über die Verbindungsstelle geschoben, um das Drehen der Schrauben zu verhüten; aber diese Muffen können nur bei ganz bestimmter Stellung der Gestängeglieder übergeschoben werden, und daher wird nach einigem Gebrauch das Gestänge schlottrig. Wenn man also ein Gestänge haben will, welches sich vor- und rückwärts drehen läßt, so wendet man die in Fig. 17 unter A und B gezeichnete Verbindung an. Hier ist das eine

Fig. 17.



Ende des Gestänges mit einer Gabel versehen, welche das folgende Stück umfaßt, und mit diesem durch 2 Schraubenbolzen verbunden. Die Muttern sind auf entgegengesetzten Seiten der Gabel einzulassen, damit die Lösung schneller, durch 2 Mann, bewirkt werden kann.

1) Clasen, Handbuch der Fundierungsmethoden. Leipzig 1879.


Fig. 18.

Bei Anfertigung des Gestänges ist die größte Genauigkeit zu beobachten, damit die einzelnen Glieder desselben in **jeder** Reihenfolge aneinander passen, im andern Falle entsteht beim Zusammensetzen ein großer Zeitverlust. — Der Querschnitt des Gestänges ist am besten ein Quadrat, dessen Seitenabmessung (für Bodenuntersuchungen) 2,5 cm und bis zu einer Länge von 30 m 3 cm betragen kann.

Zum **Drehen des Bohrers** kann zwar, wie in Fig. 2, das obere Ende mit Öhr zur Aufnahme des Durchsteckstockes versehen sein, bei größeren Längen muß dasselbe jedoch mit einem Windeseil gehoben und gesenkt werden können, und zum Drehen bedient man sich alsdann eines Hebels von Holz (Fig. 18) oder von Eisen (Fig. 19^a), mit dem es möglich ist, das Bohrgestänge in jeder Höhe zu fassen. Muß hierbei größere Gewalt angewendet werden, so kann man sich auch eines langen Schlüssels (Fig. 19^b) bedienen, der gleichzeitig zum Lösen und Verbinden der Gestängeglieder benutzt werden kann.

Wenn es auch bei den Bohrlöchern, welche man zur Untersuchung des Baugrundes bohrt, nicht durchaus notwendig ist, dieselben genau vertikal abzuteufen, so erleichtert eine solche Stellung des Bohrers die Arbeit doch ungemein,

Fig. 19a.

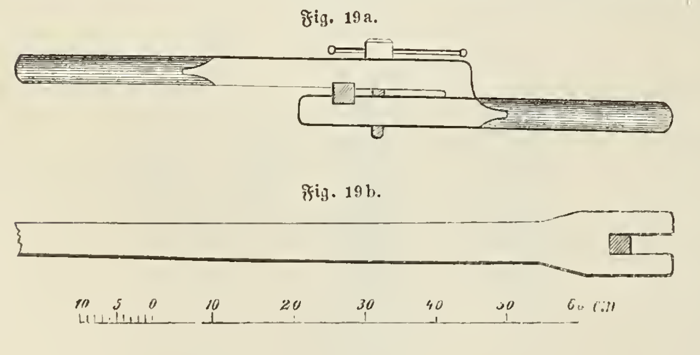


Fig. 19b.

und deshalb ist es (wenigstens bei einiger Tiefe) vorteilhaft, das Gestänge auch während des Bohrens durch ein Hängezeug zu halten, damit dasselbe durch seine eigene Schwere in der vertikalen Richtung erhalten wird. Man bedient sich daher zuweilen besonderer Kopfstücke (Fig. 20^a und 20^b) welche oben mit einem Wirbel, unten aber mit einer solchen Vorrichtung versehen sind, daß sie auf jedes obere Ende eines Gestängegliedes befestigt werden können. Besonders brauchbar sind diese Kopfstücke, wenn man in Stein bohren will, wobei der Bohrer nicht gedreht wird, sondern mit demselben gestoßen werden muß. Das in

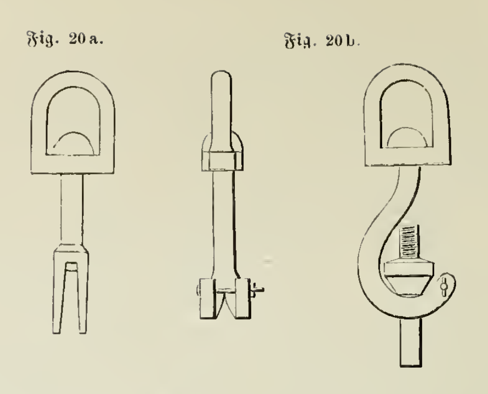
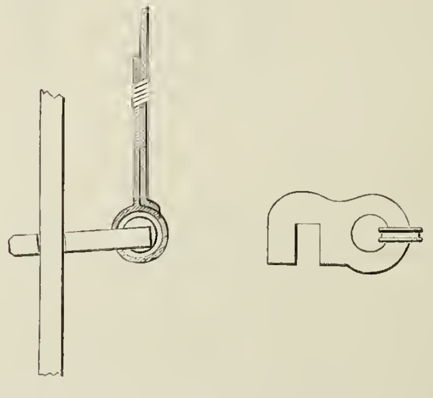

Fig. 20a. Fig. 20b.

Fig. 20^b gezeichnete Kopfstück bildet einen Haken, dessen Doppelarme einen solchen Raum zwischen sich lassen, daß wohl der mittlere Teil eines Gestängegliedes Platz findet, nicht aber die an den Enden desselben angebrachte Verstärkung. Während des Bohrens werden die beiden Enden des Hakens noch durch einen kleinen Bolzen verbunden, um das Gestänge desto sicherer fassen zu können. Der Haken ist oben mit einem Wirbel versehen und so geformt, daß das gefaßte Stück in seine Schwerachse fällt, damit nirgends ein Klemmen oder Biegen veranlaßt wird.

Der in Fig. 21 gezeichnete einfache Haken ist sehr brauchbar, weil er das Gestänge an jeder beliebigen Stelle faßt und festhält, was besonders beim Herausnehmen oder Hinablassen langer Gestänge von großem Vorteil ist.

Daß beim Absenken tiefer Bohrlöcher größere Gerüste nötig sind, an welchen das Gestänge hängt, versteht sich von selbst. Bei solchen Bohrungen aber, wie sie bei Untersuchungen des Baugrundes nötig werden, wird man häufig

Fig. 21.



ohne alle Rüstungen auskommen können, oder man bedient sich eines einfachen, aus drei Hölzern verbundenen Bockes, wie ihn die Brunnenmacher gebrauchen. Derselbe trägt an seiner Spitze, wo sich die drei Hölzer (Stangen) um einen Bolzen drehbar vereinigen, eine feste Rolle, über welche ein Tau geht, das, um einen der Rüstbäume geschlungen, am andern Ende das Bohrgestänge trägt.

Entsteht während des Bohrens ein Bruch des Gestänges, so bedient man sich zum Herausschaffen des abgebrochenen Teils sogenannter **Fanginstrumente**, welche

man am obern Teil des Gestänges befestigt und mit diesem handhabt. Zum Greifen einer glatten Stange genügt ein Bügel, der über dieselbe geschoben wird. Sicherer für diesen Zweck ist ein spiralförmig gewundener Haken, durch dessen Drehung die Stange eingeklemmt wird (Fig. 22ª und Fig. 22ᵇ). Andere Vorrichtungen, welche bestimmt sind, das



Gestänge zu fassen oder Futterröhren herauszuziehen, können hier unerörtert bleiben; wir verweisen zu diesem Zwecke auf das „Handbuch der Wasserbaukunst" von Hagen und das „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften" von Heusinger v. Waldegg, I. Bd., 2. Hälfte.

IV. Das Einrammen von Probepfählen zum Zweck der Untersuchung des Baugrundes kommt dann in Gebrauch, wenn eine Gründung auf Pfählen beabsichtigt ist. Man kann dadurch die Gewißheit erlangen, in welcher Tiefe die Pfähle einen hinreichend widerstandsfähigen Boden erreichen, doch kann diese Methode nur annähernde Sicherheit gewähren, wenn es sich um die Feststellung des Projektes handelt; im speciellen wird diese Materie in § 17 besprochen.

V. Die Probebelastung dient in einzelnen Fällen als ein, wiewohl nicht zuverlässiges Mittel zur Untersuchung der Tragfähigkeit eines Baugrundes. Dabei wird die Last direkt auf den Erdboden gesetzt. Liegt der Baugrund unter Wasser, so muß das Fundament bis über den Wasserspiegel heraufgeführt und dann mit Steinen, Eisenbahnschienen oder sonstwie provisorisch belastet werden. Diese Probebelastung, welche immer größer sein soll, als die definitive Last, läßt man wenigstens einen Winter hindurch auf der betreffenden Stelle ruhen und beobachtet möglichst genau die in dieser Zeit etwa entstandenen Senkungen, aus deren Größe weitere Schlüsse in Bezug auf die Brauchbarkeit des Baugrundes gezogen werden können.

B. Die Herstellung und Trockenlegung der Baugrube.

§ 4.

Die Tiefe der Baugrube ist allemal durch die Sohlenlage des Fundamentes und der unter demselben etwa angebrachten Zwischenlagen und Schutzwerke bestimmt, während ihr Umfang durch die Konfiguration der Fundamente, ihre Fundierungsart und etwaigen sichernden Umschließungen gegeben ist.

Bei der Ausführung von Hochbauten, welche hier in erster Linie in Betracht gezogen werden sollen, pflegt man nach erfolgter Absteckung des Gebäudes entweder nur die sogenannten Fundamentgräben auszuheben, d. h. der Grund wird nach der Gestalt dieser Mauern bis zur Tiefe des tragfähigen Bodens ausgeschachtet, oder — und dies ist der häufigere Fall — es werden auch solche Räume, welche innerhalb des Terrains liegen (die Souterrains) bis zur nötigen Tiefe ausgegraben und danach erst die eigentlichen Fundamentgräben. Die Sohle der Gräben, auf welche das Mauerwerk unmittelbar zu stehen kommt, muß immer wagrecht angelegt werden, sofern die Mauer selbst vertikal steht, oder die in derselben wirksamen Pressungen eine vertikal gerichtete Resultante haben. Bei Anlage von Gewölben und Futtermauern ist es jedoch besser, die Sohle des Mauerwerks normal gegen die erwähnte Resultante zu richten, weil alsdann kein Bestreben vorhanden ist, das Mauerwerk auf seiner Grundlage zu verschieben. Im Hochbau kommt dieser Fall selten vor, und man kann nach Hagen die Grundfläche unbedenklich horizontal legen, solange die Resultante sämtlicher Pressungen gegen die Vertikale keine größere Neigung hat als 15°. Bei abfallendem Terrain muß die Sohle daher treppenförmig, d. h. in Absätzen hergestellt werden, wobei jeder der Absätze horizontal zu liegen kommt. Ein weiteres Abgraben zu dem Zweck, die Sohle in eine Horizontale zu bringen, ist unökonomisch und unrationell, weil dadurch an den höher gelegenen Stellen der gute Baugrund fortgegraben werden muß. Die Höhe der Absätze macht man kaum unter 30 cm und richtet sich dabei nach der Höhe der Steinschichten, die bei Bruchstein nicht wohl niedriger herzustellen sind.

In Bezug auf die Ausdehnung der Baugrube ist noch zu bemerken, daß man dieselbe gern des bequemeren Arbeitens halber in Länge und Breite etwas größer anlegt, als die Fundamente werden sollen. Bei schwierigen Fundierungen (auf Brunnen, Senkkästen, Beton) wird dagegen die Baugrube nur auf den zum Tragen der Fundamente erforderlichen Raum eingeschränkt. Im übrigen wird das weitere Verfahren wesentlich durch die Beschaffenheit des Baugrundes beeinflußt.

Fels- oder Steingrund. Die Fundament-Sohle darf nur bei Felsarten, welche keiner Verwitterung unterliegen, direkt auf der Bodenfläche begonnen werden; hier hat man nur nötig, die oberste Felslage abzuräumen und die Bausohle lagerhaft, also wagrecht, vorzurichten. Bei Bauten am Bergabhange ist diese Sohle mindestens in einzelnen Absätzen wagrecht herzustellen und die Absätze sind durch vertikale Flächen zu verbinden. Widersteht der Fels der Verwitterung nicht, so ist das Fundament vertieft in den Felsen zu legen. Klüfte und Vertiefungen in der Oberfläche des Gesteins werden mit Mauerwerk ausgefüllt oder überwölbt; hierbei muß häufig die Kluft erweitert und mit Widerlagsflächen versehen werden.

Während im festen Gestein die Seitenwände der Baugrube senkrecht stehen bleiben dürfen, müssen alle anderen Bodenarten unter einem bestimmten Winkel geneigt angelegt

werden, denn obwohl fester Thon und Lehm auch zeitweise senkrecht stehen bleiben, ist doch gerade der Thonboden von allen der gefährlichste, weil solche Thonwände unter dem Einfluß von Luft und Sonnenwärme bald Sprünge und Risse erhalten, wodurch sich größere Erdstücke lösen und beim Herabstürzen die Baugrube verschütten. Ein magerer Lehmboden, der mit Steinen und Sand gleichmäßig vermischt ist, gewährt in dieser Hinsicht größere Sicherheit und verlangt die geringste Böschung. Man muß daher bei der Anlage der Baugrube gleich auf die notwendige Böschung Rücksicht nehmen und ihre Flächenausdehnung um dies Maß größer nehmen. Auch richtet sich hiernach die Entfernung der Pfähle des Schnurgerüstes von der Fluchtlinie des Gebäudes, denn begreiflicherweise müssen diese außerhalb der Dossierung zu stehen kommen. Wenn man es nicht gerade mit ganz losem Sande zu thun hat, so wird man in der Regel mit einem Winkel der Böschung von 60° gegen den Horizont auskommen. Sand und Erde böschen sich freilich, frei aufgeschüttet, etwa unter 45 oder 40° ab, doch genügt für eine zusammenhängende gewachsene Erdwand erfahrungsmäßig (und für kürzere Zeit) ein geringerer Böschungswinkel. Diese Erwägungen sind vor Eröffnung der Baugrube nötig, damit man im stande ist, die Größe derselben zu bestimmen und den Kubikinhalt der auszugrabenden Masse zu berechnen. Auch ergeben sich immer größere Unbequemlichkeiten, wenn man die Dossierungen anfänglich zu klein angenommen hat.

Bei tiefen Baugruben pflegt man sogenannte Bänke (Banquets) anzuordnen, d. h. die Böschungen mit Absätzen zu versehen. Dieselben gewähren Vorteile beim Transport der ausgegrabenen Erde und als Lagerplätze für Baumaterialien. Zu diesem Zwecke sollten die Bänke nicht unter 40—50 cm Breite haben, und wenn die ausgegrabene Erde mittels Schaufeln von einer Bank zur andern geworfen werden soll, so darf die senkrechte Höhe der Bänke übereinander höchstens 1,8—2 m betragen. Dauert ein Grundbau lange, so daß die Böschungen der Baugrube den Winterfrösten, den Frühjahrs- und Herbstregen rc. ausgesetzt sind, so muß man dieselben durch Einzäunungen, Faschinen, Bretter- oder Strohbeläge noch mehr zu sichern suchen, je nachdem die obwaltenden Umstände und besonders die vorhandene Lokalität das eine oder andere dieser Mittel ratsam machen.

Hindert die Lokalität die Anlage von Böschungen, stehen z. B. benachbarte Gebäude zu nahe oder führt eine Straße zu nahe vorbei, so müssen die Wände der Baugrube abgesteift oder verschalt werden. Das gewöhnliche Verfahren besteht darin, daß man längs der Wände Pfähle einschlägt und hinter diese Bretter oder Bohlen schiebt, an denen die Erde eine Stütze findet. Die Bretter rc. müssen immer hinter einem Pfahle gestoßen werden. Hiernach und nach der Stärke der Bretter richtet sich die Entfernung der Pfähle, ihre Stärke aber und die Tiefe, bis zu welcher sie eingetrieben werden müssen, hängt von der Größe des Erddrucks ab. Sind nur Fundamentgräben auszuheben, so daß die gegenüberstehenden Wände der Baugrube nicht weit voneinander entfernt sind, so kann man durch querüber angebrachte Steifen, hinter welche man Brettstücke legt, oft ohne große Mühe und Kosten die nötigen Verschalungen herstellen.

§ 5.

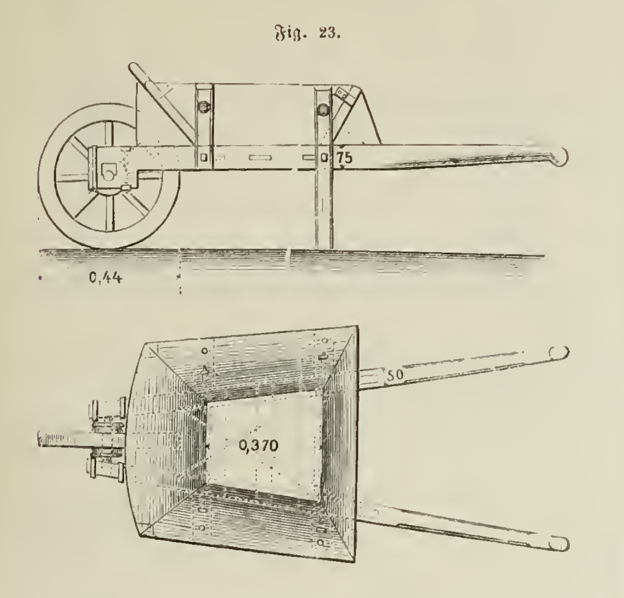
Die eigentliche Erdarbeit besteht in dem Auflockern und Fortschaffen der Erdmassen. Bei kleineren Arbeiten wird sehr oft das Ganze einem Unternehmer in Akkord gegeben, wobei man den Preis für die Kubik-Einheit der ausgegrabenen Erde und den Zeitpunkt, bis zu welchem die Arbeit vollendet sein muß, festsetzt, und alsdann liegt es allerdings weniger im Interesse des Baumeisters, ob der Unternehmer seine Arbeitskräfte angemessen anstellt und die zweckmäßigsten Werkzeuge verwendet. Größere Erdarbeiten werden aber auch sehr häufig in eigener Regie der Bauverwaltung ausgeführt, und namentlich hierauf beziehen sich die folgenden Bemerkungen.

Das Werkzeug zum Auflockern und Verladen der Erde ist im allgemeinen bekannt und besteht aus: Grabscheit (Spaten), Schaufel, Picke und Kreuzpicke, auch das Heb- oder Brecheisen wird häufig gebraucht. Das erstere Handwerkzeug haben die Arbeiter häufig selbst und bringen es mit auf die Baustelle, in welchem Falle sie dann einen etwas höheren Taglohn bekommen, als wenn ihnen das Werkzeug geliefert wird. Letzteres ist indessen meistens vorzuziehen, denn nicht nur, daß die Arbeiter gewöhnlich mangelhafte Geräte mitbringen, mit denen sie nicht gehörig arbeiten können, sie schonen dieselben auch über die Gebühr, weil jede Abnutzung ihr Schaden ist. Läßt man das Werkzeug auf Kosten der Baukasse anfertigen, so hat man besonders bei den Picken und Hauen, welche immer als Hebel wirken, auf eine starke Konstruktion zu sehen, wozu namentlich gehört, daß diese Instrumente am Öhr eine hinreichende Eisenstärke bekommen, auch darf das Öhr selbst nicht zu kurz, sondern muß immer gegen 7—8 cm lang und mit einem gehörig starken Nacken versehen sein. Eine ordentliche Picke ist von der Spitze bis zum Öhr 30—40 cm lang.

Zum Transport der aufgehauenen Erde dienen Schiebkarren und Handkippkarren, und bei beschränkten Baugruben, wie solche im Hochbau zuweilen vorkommen, ist auch die Tragebutte — namentlich im Württembergischen — ein landesübliches Transportmittel. In Norddeutschland ist dagegen die Schiebe- oder Kumptkarre, und zwar für Transportweiten bis zu 80 und 100 m, durchgängig in Gebrauch.

In Fig. 23 ist eine solche Schiebkarre, nach der in Norddeutschland gebräuchlichen (der englischen ähnlichen) Konstruktion, in Grundriß und Ansicht dargestellt. Diese Form, mit ihrem nach oben sich stark erweiternden, pyramidalen

Fig. 23.

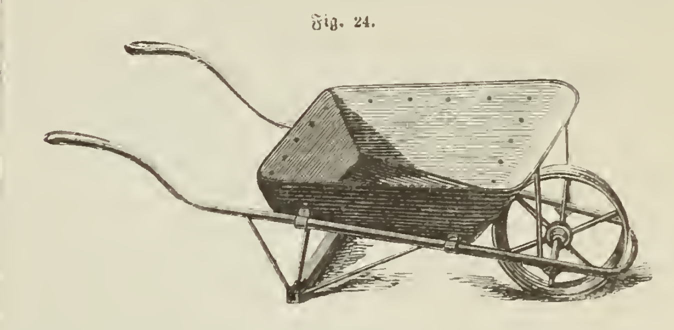


Kasten erleichtert das Ausstürzen des geladenen Bodens. Die fortbewegte Last wird hier zum Teil durch das Rad unterstützt, zum Teil mittels der Karrbäume vom Arbeiter getragen. Da nun das Tragen eine größere Arbeitsleistung verlangt als das Schieben, so muß der Schwerpunkt der Last zweckmäßig so nahe der Radachse gebracht werden, als es eben die Manipulation des Be- und Entladens gestattet. Zur Verminderung der Reibung empfiehlt es sich, das Rad möglichst groß zu nehmen, doch ist eine Grenze dadurch gezogen, daß das Umkippen der Karre nicht erschwert werden darf. Die Schwerlinie des beladenen Karrens liegt etwa auf $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Distanz zwischen der Radachse und den Handgriffen der Karrbäume. Diese Karren fassen $^1/_{14}$ bis $^1/_{15}$ cbm lose Erde; unter Berücksichtigung der Auflockerung wird man im Durchschnitt 15—16 Karrenladungen auf 1 cbm gewachsenen Stichboden rechnen können.

Das Holz der Karre muß trocken und zähe sein. Zum Gestell nimmt man Esche- oder Eiche-, zum Kasten Pappel- oder Kiefer-, zur Nabe des Rades Eichenholz; zum Radkranze eignet sich Eschen-, zu den Sprossen Buchenholz. Die Füße des Gestelles werden unter sich und mit den Karrbäumen durch eiserne Bänder verbunden. Die Achsen aus 2 cm starkem Rundeisen stecken fest in der Nabe des Rades und drehen sich mit dieser in den Zapfenlagern, welche am einfachsten aus ein paar Klötzchen harten Weißbuchenholzes hergestellt und mit Schraubenbolzen unter den Karrbäumen befestigt werden. Sind diese ausgelaufen, so kann man sie leicht durch neue ersetzen. Der schmiedeeiserne Beschlag einschließlich der Achse kann zu 8—9 kg angenommen werden, und die Kosten einer vollständigen Schiebkarre stellen sich auf 10 Mark.

In neuerer Zeit sind wegen ihrer großen Haltbarkeit auch eiserne Karren im Gebrauch. Fig. 24 zeigt ein

Fig. 24.

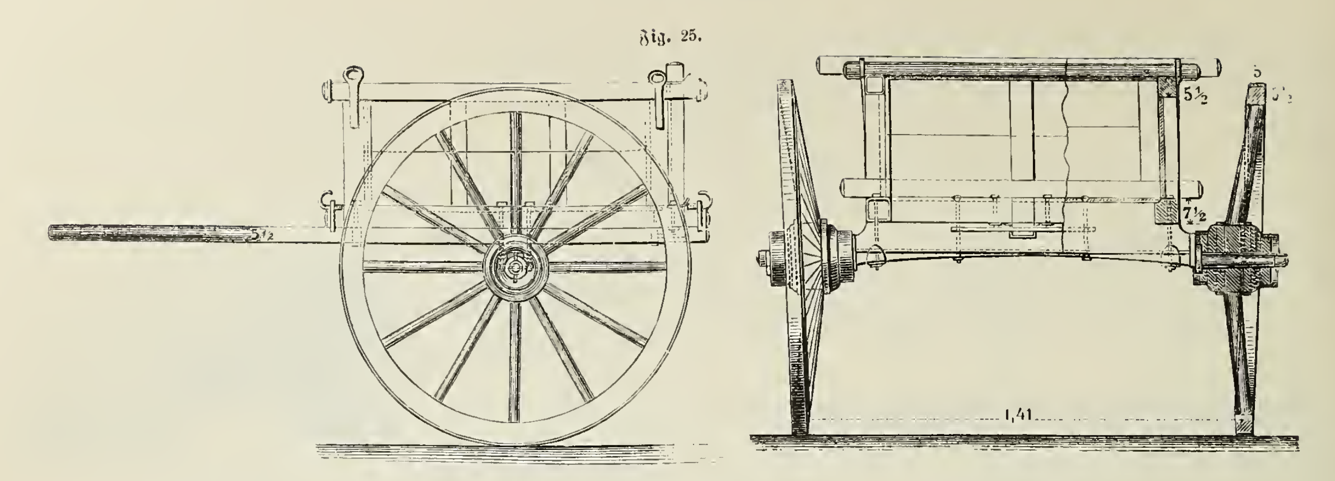


Muster dieser Art nach amerikanischem System; das Gestell ist aus schmiedeeisernem Gasrohr gebogen und darauf der Kasten von starkem Eisenblech festgenietet. Dies Gestell umschließt das Rad mit schmiedeeisernem Radkranze; in die gußeiserne Nabe sind Achse und Speichen, sämtlich von Schmiedeeisen, mit eingegossen und die Achslager an dem Gestell mit Schrauben befestigt. Eine solche Karre faßt ungefähr 0,077 cbm, wiegt 33 kg und kostet 25 Mark.

Die Karrbahnen für die Karren werden von 5 cm starken, 21—24 cm breiten Dielen möglichst lang hergerichtet, um die Stöße zu vermeiden. Als dazu geeignet ist das Holz der Eiche und Buche zu empfehlen; trotzdem wird vielfach auch Kiefernholz (wegen des geringeren Preises) hierzu genommen.

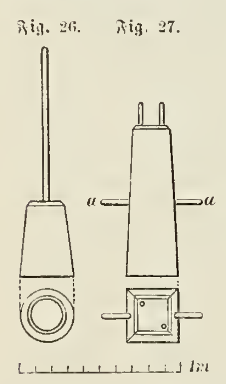
Obwohl der Handkarrentransport unter Umständen noch bis zu einer Weite von 80 und 100 m vorteilhaft sein kann, pflegt man doch schon bei geringeren Distanzen zu einer vollkommneren Art des Transportes zu schreiten, nämlich zum Transport mit zweirädrigen Handkippkarren. In Fig. 25 ist die Konstruktion einer häufiger vorkommenden Handkippkarre dargestellt. Dieselbe faßt $^1/_3$ bis $^1/_2$ cbm Boden und wird von zwei Arbeitern mit 1 m Geschwindigkeit fortgezogen, wobei die Bahn bis 1 Proz. steigen kann; bei größerer Steigung ist noch ein dritter Arbeiter zum Stoßen nötig. — Die Länge des Kastens muß kurz bemessen sein, damit man ihm zum Zweck des Entladens eine Neigung von 45° geben kann; die Hinterwand ist deshalb zum Herausnehmen eingerichtet. Man rechnet überschläglich auf 1 cbm gewachsenen Stichboden 3 Ladungen, bei Felsboden 3,5 Ladungen. Die Fahrbahn besteht aus 8—13 cm starken Bohlen, welche bis zu ihrer Oberfläche in den Boden eingebettet und durch untergelegte Querhölzer gesichert werden. — Der Preis der kompletten Karre nebst Beschlag ist 80 bis 100 Mark. Für größere Transportweiten werden zweckmäßig Pferdekippkarren angewendet, deren Beschreibung, da sie beim Hochbau selten Verwendung finden, hier unterbleiben soll.

Fig. 25.



Da nicht selten der Fall vorkommt, daß auch Auffüllungen von der ausgegrabenen Erde hergestellt werden müssen, wobei man in der Regel deren baldigste Komprimierung wünscht, so wollen wir hier noch eines Gerätes gedenken, das außerdem noch mancher Anwendung fähig ist, wir meinen den Stampfer (Fig. 26). Die Wirksamkeit desselben steht mit den aufgewendeten Kosten selten im richtigen Verhältnis, weil er nicht mit der gehörigen Kraft gehandhabt wird. Will man eine Erdauffüllung überhaupt durch Stampfen komprimieren, so muß man sich der Handramme bedienen, wie sie in Fig. 27 abgebildet ist und die ein Gewicht von 8—10 kg hat. Die Arbeit mit derselben gehört allerdings zu den anstrengenden, aber sie ist auch von einiger Wirkung.

Fig. 26. Fig. 27.



So wie man nur zweckmäßig gestaltete Werkzeuge und Geräte anwenden sollte, ebenso müssen auch die vorhandenen Arbeitskräfte zweckmäßig verwendet werden. Die stärksten Arbeiter stellt man daher zum Aufhauen der festen Erde an, bevor sie verladen wird, die schwächsten werden am besten mit dem Beladen der Schiebkarren beschäftigt.

Die Zahl der anzustellenden Arbeiter, namentlich das Verhältnis der Aufhauer zu den Aufladern und Karrenschiebern, hängt von den jedesmaligen Umständen ab, besonders wird die Beschaffenheit des Bodens und die Entfernung des Transports maßgebend sein, so daß sich specielle Regeln nicht wohl geben lassen. Verwittertes, zerklüftetes und rolliges Gestein erfordert viele Mühe; am wenigsten jede schon früher aufgelockerte Garten- und Ackererde. Mehr Arbeit verursacht dagegen grober, kiesiger oder stehender Sand; noch mehr Quellsand, dann Lehm, Thon. Zwei Arbeiter, welche in 1,5 bis 2 m Abstand an einer geraden Wand arbeiten, hindern einander nicht, wohl aber, wenn sie in einem Viereck angestellt sind, weil sie, dieses immer verkleinernd, einander entgegenarbeiten.

Nur bei größeren Ausgrabungen, wie sie freilich selten bei Hochbauten vorkommen, bildet man unter den Arbeitern sogenannte Schachte unter einem Schachtmeister, wodurch die Aufsicht erleichtert wird. Der Schachtmeister ist übrigens Arbeiter wie die anderen, nur führt er für seinen Schacht allein das Wort, erhält die Arbeit zugeteilt und verteilt den vom Schachte erarbeiteten Verdienst. Diese Leute haben in der Regel großen Einfluß auf ihre Kameraden, und man muß daher bei der Auswahl derselben die größte Vorsicht anwenden.

Ist die ausgegrabene Erde nicht weiter als etwa 5 bis 6 m zu transportieren, so wird dieselbe mit ein oder zwei Würfen mit der Schaufel geworfen. Ist die Entfernung aber größer, so wendet man die Schiebkarre an. Bei weiterem Transporte ist es vorteilhaft, die Arbeit so einzurichten, daß ein Arbeiter eine Karre nur immer 30 m weit führt und dann die leere Karre seines Ablösemannes nach der Ladestelle mit zurücknimmt. Eine solche Länge, die bei Steigungen von 5 Proz. etwa nur 25 m betragen darf, nennt man wohl einen Wechsel.

Um die Erdarbeiten so wohlfeil als möglich einzurichten, muß man besonders darauf bedacht sein, daß der ausgegrabene Grund nur einmal bewegt wird, d. h. den ersten Abladeplatz gleich so bestimmen, daß die hingeführte Erde auch dort liegen bleiben kann. In der Regel gebraucht man einen Teil der ausgegrabenen Erde zu Planierungen auf der Baustelle, zum Hinterfüllen der Grundmauern etc. Diesen Teil muß man vorher berechnen und an einem bequemen Platze in möglichster Nähe behalten, doch darf man diese Erde nicht zu nahe an die Wände der Baugrube in bedeutenderer Höhe aufwerfen lassen, weil die Wände dadurch belastet werden und infolgedessen leicht einstürzen können. Zur Berechnung der benötigten Erde diene die Notiz, daß 3 cbm gewachsene Erde aufgelockert etwa 4 cbm ergeben.

§ 6.

Mit dem Ausheben und Fortführen des Bodens ist aber die Baugrube sehr oft noch nicht so hergestellt, daß man mit der Fundierung beginnen kann, sondern sie muß in manchen Fällen noch von hindernden Gegenständen und namentlich vom Wasser befreit werden. Diese letzteren Arbeiten gehören nun zwar recht eigentlich in das Gebiet des Wasser- und Brückenbaues, doch kommt das Wasserschöpfen so oft auch bei Hochbauten vor, daß wir wenigstens das einfachere Verfahren dabei hier besprechen müssen.

Das Ausschöpfen tiefer Baugruben ist oft mit so großen Schwierigkeiten verbunden, daß es vor allen Dingen zu überlegen bleibt, ob man nicht lieber eine Fundierungsart wählen will, bei welcher das Wasserschöpfen entbehrlich wird. Hierbei kommt auch der Umstand in Betracht, daß ein an sich guter Baugrund durch ein kräftiges Wasserschöpfen geradezu unbrauchbar gemacht werden kann, indem durch das Senken des Wasserspiegels in der Baugrube das Gleichgewicht zwischen diesem und den benachbarten Wasserbassins so sehr gestört wird, daß in dem Baugrunde Quellen hervorgerufen werden, welche denselben auflockern. Ein solcher Fall kann um so leichter eintreten, wenn die Umgebungen des Baugrundes aus undichten und Wasser durchlassenden Schichten bestehen. Will man indessen unter solchen Umständen die Baugrube dennoch trocken legen, so wird man hierzu den Zeitpunkt benutzen müssen, wo die Wasserspiegel der benachbarten Bassins am niedrigsten stehen, wenn sie überhaupt periodischen Senkungen unterworfen sind.

Der Effekt des Wasserschöpfens, d. h. die dabei geleistete Arbeit, läßt sich als das Produkt aus der gehobenen Wassermenge in die Höhe, bis zu welcher es gehoben wird, und in die Zeit, in welcher dieses geschieht, ausdrücken. Kann man daher einen dieser Faktoren, etwa die Hubhöhe auf die Hälfte verringern, so wird man in derselben Zeit eine doppelte Wassermenge mit derselben Maschine, oder mit derselben Anzahl Arbeiter fördern können. Dieser Umstand wird sehr häufig außer Acht gelassen, da die Unternehmer solcher Arbeiten oft der irrigen Ansicht sind, daß es ganz einerlei sei, auf welche Höhe das Wasser gehoben werde.

Nicht immer ist es möglich, bei durchlässigem Boden die Trockenlegung der Baugrube durch Wasserschöpfen zu erzwingen; wenn dann eine Verlegung der Baugrube unstatthaft ist, wird man an eine Änderung der Fundierungsmethode denken müssen.

Tritt an einzelnen Stellen das Wasser besonders heftig hervor, so ist oft der Versuch gemacht worden, solche Quellen zu dichten oder zu isolieren. Das erstere kann geschehen durch Eintreiben von Pfählen, Einstampfen von trockenem Thon oder von Beton und durch ähnliche Mittel, welche bei ruhigem Wasser zum Ziele führen. Wirksamer ist das Isolieren, Umschließen der Quellen mit einer dichten, unten offenen Wand von Holz (z. B. einem Faß) oder einer Brunnenröhre, welche man über einer solchen Quelle einrammt; in dieser Röhre wird sich dann der Wasserstand auf dem Niveau des äußeren Wassers halten, ohne sich in die Baugrube zu ergießen.

Sind Quellen in größerer Anzahl auf dem Boden der Baugrube vorhanden, so bleibt das sicherste, aber freilich auch umständlichste Mittel, dieselben zu verstopfen, die Anlage eines Grundfangedammes, d. h. eine Lage von Beton oder Thon, welche über die ganze Baugrube in hinreichend starker Schicht ausgebreitet wird; doch muß dem Beton hinlänglich Zeit zum Erhärten gelassen werden, ehe man mit dem Ausschöpfen des Wassers beginnt.

Zur leichten Beseitigung des in die Baugrube eindringenden Wassers wird zunächst ein sogenannter Sumpf angelegt, d. h. eine durch Ausgrabung oder Baggerung hergestellte Grube, und in diese Vertiefung, deren Wände durch gespundete Bohlen oder andere Bekleidungen — je nach Erfordern — vor dem Nachstürzen gesichert werden, leitet man das Wasser durch passende Wasserabzüge hinein. Dadurch wird die Sohle der Baugrube trocken gehalten, und alle gröberen Substanzen, durch welche das Wasser verunreinigt wird, können sich hier ablagern, so daß sie von den Schöpfmaschinen ferngehalten werden. Von Zeit zu Zeit werden diese Sinkstoffe durch Baggerung entfernt. Übrigens erfolgt die Entnahme des Wassers möglichst nahe der Oberfläche, wo es am wenigsten mit festen Bestandteilen verunreinigt ist.

Endlich ist darauf zu achten, daß das Wasser nicht höher gehoben wird, als es nach dem äußeren Gefälle durchaus erforderlich ist: die Schöpfmaschinen müssen daher so eingerichtet sein, daß sie mit verschiedener Hubhöhe arbeiten können. (Vorrichtungen dieser Art lassen sich besonders leicht bei den Pumpen anbringen.)

Rücksichtlich der Wahl der Schöpfmaschinen zur Trockenhaltung einer Baugrube kommen zunächst zwei Faktoren in Betracht, nämlich die Zeitdauer, während welcher dies zu geschehen hat, und die Größe der Leistung, d. h. das in der Zeiteinheit zu bewältigende Wasserquantum. Sind diese Faktoren annähernd bekannt, so wird zunächst zu entscheiden sein, ob elementare, ob Tier- oder Menschenkräfte anzuwenden sind. Die erstgenannten erfordern zwar geringe Betriebskosten, aber große Anlagekosten, und können daher erst bei einem größeren Umfange der Arbeiten in Betracht kommen, wo die Anlagekosten durch geringe laufende Ausgaben ausgeglichen werden, im Gegensatz zu der, hohe laufende Kosten verursachenden Arbeit der Menschen. — Durch die Fortschritte der Technik ist die

Herstellung leicht zu bedienender Dampfmaschinen derartig ausgebildet worden, daß gegenwärtig die Anwendung der Menschenkraft zu rein mechanischer Arbeit immer seltener geworden ist, dagegen die Benutzung der unorganischen Naturkräfte mehr und mehr an Umfang gewinnt.

Trotzdem behält die Menschenkraft für obengenannte Zwecke entweder zu unmittelbarer Verwendung oder zur Bedienung der Schöpfmaschinen ihre große Bedeutung bei Fundierungs-Arbeiten von geringerem Umfang und vorübergehender Dauer selbst dann noch, wenn sie sich im Gegensatz zur Maschinenarbeit als unökonomisch erweist: denn sie erfordert keinerlei Vorbereitung, läßt sich auf dem beschränktesten Bauplatze verwerten, ist überall leicht zu haben und läßt sich bei plötzlich eintretendem Bedürfnis jederzeit leicht vermehren. Es werden daher auch der Anwendung der Menschenarbeit für die Zwecke der Trockenlegung der Baugrube einige kurze Betrachtungen zu widmen sein.

Die Anwendung tierischer Kraft bietet die zuletzt erwähnten Vorteile nicht, und die dazu erforderlichen Maschinen bilden für einfache Verhältnisse ein Hindernis für ihre Anwendung, so daß sie nur ausnahmsweise zur Verwendung kommt.

Wo bei beschränkter Baustelle der Raum zur Aufstellung von Maschinen nur schwer abgewonnen werden kann, da werden die vertikal stehenden Pumpen anderen Schöpfmaschinen gegenüber mancherlei Vorteile schon darum bieten, weil bei ihnen die Förderhöhe leicht durch Veränderung des oberen Ausflusses vermindert werden kann.

Bei der Auswahl von Schöpfmaschinen wird endlich — mit Rücksicht auf die unausbleiblichen Verunreinigungen des Wassers — die Konstruktion derselben so zu wählen sein, daß der Mechanismus möglichst einfach, leicht zugänglich und nur selten reparaturbedürftig ist.

Die im Grundbau angewandten Apparate zur Wasserhebung lassen sich nun im wesentlichen in die nachstehenden Kategorien bringen:

1) Das Wasser wird in Eimer oder Kästen gefüllt und gehoben; hierher gehören die Handeimer, Eimerketten (Norien), Eimerräder, Schöpfräder.

2) Das Wasser wird durch ausgeübte Stoßwirkung in die Höhe geworfen; hierher zählen die Wurfschaufel, Schwungschaufel.

3) Das Wasser wird in beweglichen Kanälen gehoben, so beim Schneckenrad, der Wasserschnecke (Archimedischen Schraube oder Tonnenmühle).

4) Das Wasser steigt in festen Kanälen oder Röhren auf und das Heben geschieht:
   entweder durch Schaufelwerke, Paternosterwerke;
   durch auf- und abwärts bewegte Kolben (Kolbenpumpen);
   durch rotierende Flügelwellen (Centrifugalpumpen, Kreiselpumpen);
   durch Wasser- und Dampfstrahlen (Wasserstrahlpumpen, Dampfstrahlpumpen).

Die Tendenz dieser Arbeit, welche den Schluß des IV. Bandes der Bau-Konstruktionslehre des Hochbaues bildet, wird es rechtfertigen, wenn nur die wichtigeren und zur Zeit im Hochbau gebräuchlicheren Arten der Wasserschöpf-Vorrichtungen besprochen werden.

§ 7.

Auf beschränkten Bauplätzen, in engen Straßen, oder wo geringfügige Wassermengen aus den Fundamentgruben zu heben sind, kann das Wasser oft unmittelbar durch Handeimer ausgeschöpft werden. Die Arbeiter bedürfen dazu zwar keiner besonderen Einübung; soll aber der Effekt ein günstiger sein, so ist als Regel zu beobachten: daß die Arbeiter nicht über dem auszuschöpfenden Wasser, sondern — etwa bis zur Kniehöhe — in demselben stehen, wobei der Wassereimer etwa 1 m über dem Wasserspiegel ausgegossen wird. Ist nämlich die Hubhöhe größer, so wird die Arbeit zu ermüdend; es müssen dann zwei Reihen Arbeiter übereinander aufgestellt werden, wodurch man bis zu 2 m Hubhöhe erreichen kann. Hierbei stellen die Arbeiter der unteren Reihe ihre gefüllten Eimer rechts neben die Arbeiter der oberen Reihe; diese entleeren sie und stellen sie links neben sich nieder, von wo sie der untere Arbeiter fortnimmt und wiederum füllt, u. s. f. Man verwendet hierzu lederne oder hänfene Feuereimer, weil diese leicht und gewöhnlich in genügender Zahl zu haben sind; jeder Eimer soll etwa 0,01 cbm fassen und auf jeden Arbeiter ist ein Eimer zu rechnen. Die Arbeit geschieht mit stündlichen Pausen und werden bei Tage zwei, bei Tag- und Nachtarbeit drei Abwechselungen gerechnet. Jeder Arbeiter kann bei 1 m Hubhöhe 15mal in der Minute ausschütten, er fördert daher per Minute $15 \,.\, 0{,}01 = 0{,}15$ cbm. Stehen zwei Reihen übereinander, so leeren zwei Arbeiter per Minute bei 2 m Hubhöhe 12 Eimer aus: das Förderquantum per Minute ist daher $12 \,.\, 0{,}01 = 0{,}12$ cbm.

Bezeichnet hiernach M die Wassermenge und H die Hubhöhe, so findet man bei einer Reihe von Arbeitern deren Anzahl N aus der Gleichung:

$$1)\quad N = \frac{M\,.\,H}{0{,}15}.$$

Bei zwei Reihen Arbeiter und doppelter Hubhöhe ist

$$2)\quad N = \frac{M.H}{0{,}12};$$

der Effekt ad 1) verhält sich daher zu demjenigen ad 2) wie 15 : 12 oder wie 5 : 4.

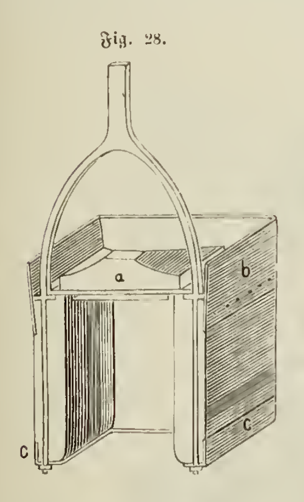
Wenn hiernach die Wassermenge und die Hubhöhe gegeben sind, so findet man leicht die erforderliche Zahl der Arbeiter; dabei bleibt zu beachten, daß die Hubhöhe nur zwischen 1 und 2 Meter sich bewegen darf.

§ 8.

Außer den Handeimern kommen bei Hochbauten am meisten die Pumpen zur Trockenlegung der Baugrube zur Verwendung, denn ihre Anschaffungskosten sind sehr mäßige und man bedarf nur geringen Raumes zu ihrer Aufstellung. Sie sind zwar zur Zeit auch leihweise zu haben, indessen kommt bei abgelegenen Baustellen und auf dem Lande doch zuweilen der Fall vor, daß auf leihweise Beschaffung nicht zu rechnen ist und daß man sie daher vom Zimmermann oder Brunnenbauer besonders anfertigen lassen muß. In diesem Falle werden sie aus Holz quadratisch im Querschnitt von 5—8 cm starken kiefernen Brettern oder Bohlen angefertigt. Innerhalb werden die Röhren der Pumpenstiefel glatt gehobelt, mit Feder und Nut verbunden und die Fugen „kalfatert", d. h. geteert und mit Werg verstopft. In Entfernungen von 1 m und am oberen und unteren Ende werden eiserne Zugbänder umgelegt, mittels deren die Röhre nach erfolgtem Austrocknen fest zusammengezogen werden kann.

Der Kolben dieser Pumpen wird aus einem Stück trocknen Elsenholz (allnus glutinosa) in den Wandungen 4—6 cm stark ausgearbeitet und so groß hergestellt, daß zwischen Kolben und Stiefel höchstens 5—7 mm Spielraum verbleiben. Oberhalb erhält derselbe einen schrägen Einschnitt, um die sogenannte Liderung (b) aus starkem Leder aufzunehmen (Fig. 28).

Fig. 28.



Das Ventil besteht aus einer in Öl getränkten Lederscheibe, auf welcher ein Holzdeckel a befestigt ist, der die lichte Kolbenöffnung 1,5 cm überdeckt; unterhalb der Lederscheibe wird eine dünne Metallplatte, welche geringere Abmessungen hat als die lichte Weite des Kolbens, mit eisernen Nägeln befestigt und dadurch auch mit dem Holzdeckel verbunden. Die Lederscheibe wird nur an einer Seite mit Kupfernägeln an den Kolbenstock festgenagelt, die übrigen drei Seiten liegen frei auf und lassen das Wasser hindurchtreten, sobald der Deckel gehoben wird. An der Unterkante wird der Kolbenstock mit einem eisernen Ringe umgeben, der bündig in den Stock eingelassen ist.

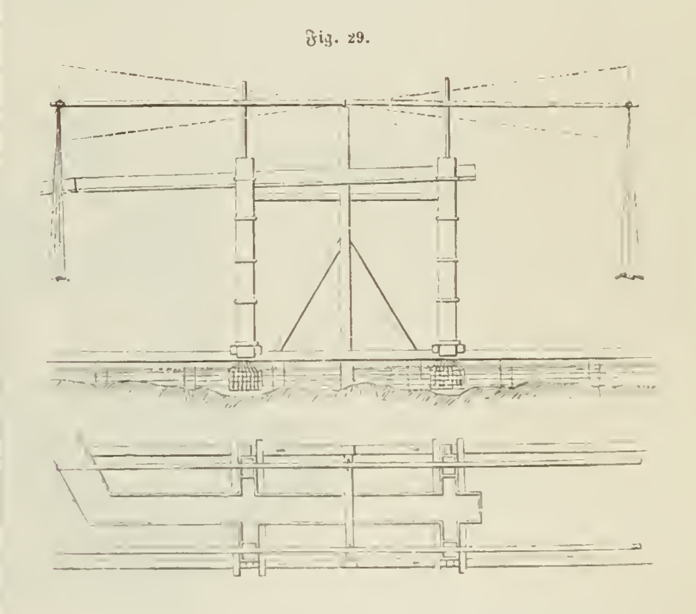
Die Kolbenstange ist unterhalb mit einer eisernen Gabel versehen, welche in Schraubenspindeln ausgeht; letztere reichen durch den ganzen Kolbenstock hindurch und werden an dem untern Eisenringe durch Schraubenmuttern befestigt. Die Gabel ist derartig gebogen, daß sie die Bewegung des Ventils nicht hindert.

Am untern Ende des Pumpenstiefels wird stets ein Bodenventil angebracht, welches ähnlich wie das Kolbenventil gestaltet und durch Schrauben mit dem Pumpenstiefel fest verbunden ist.

Um das Eindringen von Unreinigkeiten in die Pumpe zu vermeiden, bringt man endlich zwischen dem Schwellgerüst, auf dem die Pumpe steht, dichte Gitter, sogenannte Saugkörbe (s. Fig. 29) an.

Sollen diese Pumpen nun zur Entleerung der Baugrube Verwendung finden, so stellt man sie am besten paarweise auf und läßt die Mannschaft mittels Zugleinen an einem horizontalen Hebel wirken, wie Fig. 29 zeigt. Die Knebel

Fig. 29.



an den Zugleinen hängen — bei Horizontalstellung des Hebels — 1,1 m über dem Boden, und kann jeder Arbeiter an seinem Knebel mit 20 kg wirken und per Minute 25 Züge machen. — Die Anordnung des Hebels ist so zu treffen, daß die Kolbengeschwindigkeit nicht über 75 cm und nicht unter 16 cm per Sekunde beträgt. — Daß die Pumpenröhren zur Verminderung der Reibung vertikal stehen müssen, ist einleuchtend.

Die Wassermenge, welche paarweise kombinierte Pumpen per Minute liefern, ist das Produkt der Höhe des Kolbenhubes in den Querschnitt des Stiefels und die Anzahl der Kolbenhübe per Minute; hiervon dürfen jedoch — wegen des unvermeidlichen Hubverlustes — nur $^5/_6$ in Rechnung gestellt werden. Bezeichnet daher wiederum:

M die Wassermenge der Pumpen per Minute,
N die Anzahl der Arbeiter,
H die Förderhöhe und
B die Weite des quadratischen Pumpenstiefels,
dann ist nach Eitelwein

$$M \cdot H = 2{,}2 \; N \frac{B}{(5\,B + 1)}.$$

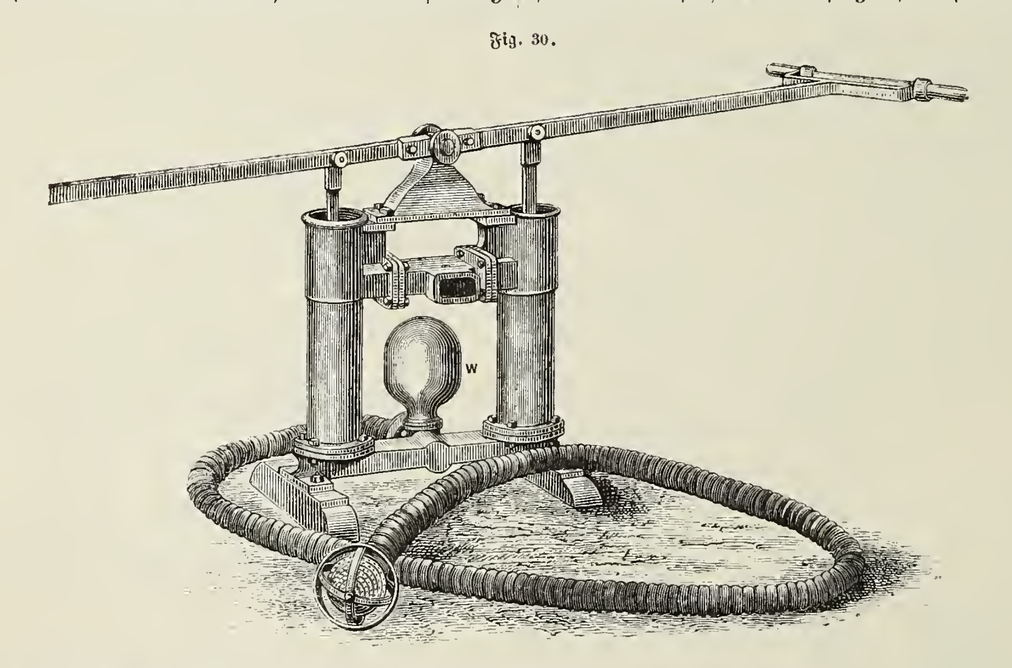
Nimmt man beispielsweise $B = 0{,}23$ m, so wird

$$M \cdot H = 2{,}2 \cdot N \frac{0{,}23}{5 \cdot 0{,}23 + 1} = 0{,}24 \; N;$$

diese Förderungsmethode ist daher vorteilhafter als die in § 7 besprochene „mittels Handeimern".

Vorteilhafter in der Konstruktion und außerordentlich bequem placierbar auf der Baustelle sind die Handpumpen für Bauzwecke, auch Kanalpumpen genannt. Es sind gewöhnliche Kolbenpumpen mit eisernem Cylinder, welche zur Ausschöpfung der Baugrube meistens als transportable Doppelpumpen konstruiert werden, um die Anstellung einer größeren Anzahl von Arbeitern an derselben Pumpe zu gestatten (Fig. 30). Jeder der beiden Cylinder hat eine lichte Weite von 15—16 cm, und es liefern diese Pumpen bei einer Saughöhe bis zu 8,8 m, wenn sie von 4 Mann in Bewegung gesetzt werden, in der Stunde etwa 15 cbm Wasser. Als Saugröhren werden fast ausschließlich Gummispiralschläuche von 6,5 cm Lichtweite verwendet; am unteren Ende des Schlauches ist ein kupferner[1]) Saugkorb mit schmiedeeisernem Schutzkorb angebracht, um die gröbsten Unreinigkeiten von der Pumpe abzuhalten. Das gemeinschaftliche Saugrohr mündet in den Windkessel w, wodurch die Gleichmäßigkeit der Wasserzuströmung reguliert wird. Die Pumpe liefert an Wasser 0,8 desjenigen Volums, welches ihre Kolben beschreiben, d. h. ihr Güteverhältnis ist 0,8.

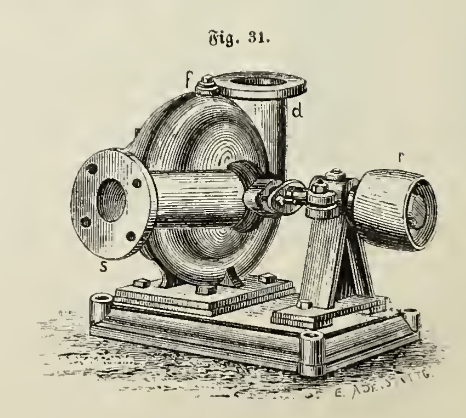
Fig. 30.



Bei Inbetriebsetzung ist die Kanalpumpe anzugießen, d. h. die Pumpenstiefel müssen des besseren Saugens wegen mit reinem Wasser gefüllt werden. — Da bei sandigem Boden das Eindringen von Sand in die Kolben unvermeidlich ist, so muß von Zeit zu Zeit eine Spülung mit reinem Wasser stattfinden.

Die Centrifugalpumpen beanspruchen zu ihrem Betriebe immer eine größere Kraft als Kolbenpumpen guter Konstruktion, da ihr Güteverhältnis höchstens = 0,7 ist, aber sie haben den Vorzug großer Einfachheit und verhältnismäßiger Billigkeit; sie leiden auch nicht beim Heben von unreinem Wasser, noch versagen sie den Dienst. Fig. 31 stellt eine einfache Centrifugalpumpe in der Ansicht dar,

Fig. 31.



1) Statt des kupfernen Saugkorbes verwendet man auch solche aus perforiertem Eisenblech.

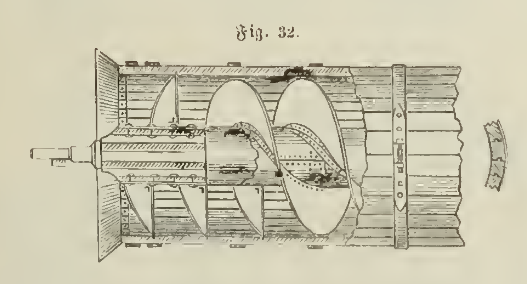
worin s das Saugrohr, d das Druckrohr und r die Scheibe für den Betriebsriemen bezeichnet, deren Welle das Schaufelrad in Bewegung setzt. — Ist die Pumpe so aufgestellt, daß ihr das Wasser von selbst zufließt, so erfordert sie kein Ventil; soll sie aber saugend wirken — was nur bis zu 7 m Höhe angänglich ist —, dann muß am untern Ende des Saugrohres ein Fußventil von genügender Größe angebracht werden, damit die Pumpe gefüllt bleibt, wenn sie außer Betrieb gesetzt wird. Vor dem Inbetriebsetzen wird die Pumpe nebst der Saugleitung ganz mit Wasser gefüllt, denn dieselbe versagt, sobald sich Luft in der Saugleitung befindet. Zum Zweck des Auffüllens dient der Füllpfropfen f.

Als Motor zum Betriebe wird meistens eine Lokomobile benutzt; Reparaturen der Pumpe sind nur durch die Maschinenbauanstalt ausführbar.

Handelt es sich um die Bewältigung großer Wassermassen, so ist die von Archimedes erfundene Wasserschnecke allen anderen Schöpfmaschinen vorzuziehen obwohl sie viel Raum erfordert. Sie liegt geneigt, etwa unter einem Winkel von 33°, und ihre Wirksamkeit wird durch tiefes Eintauchen nicht alteriert: man kann sie also in die gefüllte Baugrube stellen, so daß sie dieselbe zu entleeren vermag, ohne ihre Lage zu ändern. Unreinigkeiten im Wasser sind ohne Einfluß auf die Funktion der Schnecke, sofern sie nicht größer sind, als die Wege der Schneckenwindung.

Eine solche Schnecke besteht aus einer hölzernen Spindel und einem Holzmantel; zwischen beiden befinden sich drei schneckenartig gewundene Kanäle (Fig. 32), durch deren Umdrehung die Wasserförderung vor sich geht. Der Mantel

Fig. 32.



wird aus 6—8 cm starken Brettern gespundet hergestellt, die Schneckengänge, mit 30° Neigung zum Mantel, aus 2—3 cm starken Brettchen, welche in Mantel und Spindel mit Falz eingelassen werden. Besser ist es jedoch, eine eiserne Spindel aus Blech mit angenieteten Gängen herzustellen. Um den Mantel werden Schraubenzwingen in 0,5 m Abstand gelegt, die nach erfolgtem Schwinden des Holzes nachzuziehen sind. — Wegen Durchbiegung der Spindel ist es vorteilhaft, diese Schnecken nicht länger als 8 m herzustellen und in der Hauptsache aus Eisen zu konstruieren.

Die Schneckentrommel ist mit ihrem oberen und unteren Zapfen in einem Rahmen gelagert, dessen Unterteil an einer Haspelwelle hängt, wodurch die Schnecke nach Bedürfnis gehoben und gesenkt werden kann. — Der günstigste Winkel für die Neigung der Schnecke ist nach d'Aubuisson's Versuchen gleich 30°.

Beim Fundieren der Steuerfreien-Niederlage zu Harburg wurde eine derartige Wasserschnecke angewendet, deren Spindeldurchmesser 38,9 cm und deren innerer Manteldurchmesser 87 cm betrug. Sie machte in der Minute 16 bis 20 Umdrehungen und förderte in einer Umdrehung 0,1245 cbm Wasser. Rechnet man nur im Durchschnitt 18 Umdrehungen, so ergiebt dies pro Minute 2,241 cbm und pro Tag von 24 Stunden ein Förderquantum von 60 . 2,241 . 24 = 3227 cbm. Als Betriebsmaschine diente eine alte Lokomotive. — Eine zusammenhängende Darstellung der ganzen Betriebs-Anlage giebt Clasen, in: „Handbuch der Fundierungs-Methoden“. Leipzig 1879. Taf. I, Fig. 1—7.

Wenn auch die Wassermenge, welche in jedem besonderen Falle aus der Baugrube zu fördern sein wird, im voraus allgemein nicht bestimmbar ist, so kann doch ein Mittelwert dadurch gewonnen werden, daß man das Wasser unter Anstellung einer bestimmten Anzahl von Arbeitern bis auf eine gewisse Tiefe ausschöpft und, nachdem dies geschehen, beobachtet, um wieviel der Wasserspiegel in der Minute steigt. Durch Wiederholung der Beobachtung kann ein mittleres Maß gefunden werden, welches, mit der Horizontalausdehnung der Baugrube multipliziert, die per Minute zu hebende Wassermenge ergiebt, eine Bestimmung, welche freilich auf besondere Genauigkeit nicht Anspruch machen kann.

Da die zu hebende Wassermenge von der Flächenausdehnung der Baugrube zum großen Teil mit abhängt, so kommt es darauf an, diese möglichst klein zu machen. Indessen darf der Raum in derselben nicht zu beschränkt sein, um die Wasserhebungsmaschinen aufstellen und auch die übrigen Arbeiten in der Baugrube vornehmen zu können. Bei größeren Bauten wird die Baugrube etwa 1,5 m ringsum größer sein müssen, als die größte Ausdehnung des untern Teils der Fundamente beträgt. Am sichersten wird man aber immer gehen, wenn man in den Grundriß der Fundamente alle in der Baugrube aufzustellenden Gegenstände einzeichnet und dann beurteilt, ob man zu den nötigen Arbeiten den gehörigen Raum hat. Eine zu kleine Baugrube kann große Verlegenheiten bereiten, eine zu große wird aber immer die Baukosten um ein Erkleckliches erhöhen, besonders wenn man zum Wasserschöpfen gezwungen ist.

§ 9.

In den §§ 4 und 5 ist das Ausheben des Bodens in wasserfreiem Terrain und in künstlich trocken gelegten Baugruben besprochen worden. Es geschieht durch Ausgraben und kann dies Verfahren selbst bis auf geringe Tiefe, d. h. bis etwa 30 cm unter Wasser fortgesetzt

werden; bei größerer Wassertiefe muß das Heben der Erde durch Baggern erfolgen. Es erübrigt daher, nur eine Übersicht der im Grundbau vorkommenden Baggerarbeiten und Geräte zu geben; von der Vorführung der im eigentlichen Fluß- und Seebau vorkommenden Baggermaschinen ist hier ganz abzusehen.

Die Baggerarbeiten kommen im Grundbau hauptsächlich bei der Fundierung im Wasser vor, ferner beim Ausheben einzelner Stellen der Baugrube, wenn das Wasserschöpfen nicht zum Ziel führt oder wegen zu starker Auflockerung des Baugrundes nicht ratsam erscheint, endlich wenn die Baugrube durch Fangedämme und Spundwände umschlossen ist.

Zu den älteren Baggerapparaten gehört der Stielbagger; seine Handhabung geschieht meist direkt mit der Hand und das den Boden lösende Gerät erhält bei konsistentem Boden eine der Schippe ähnliche Form. Für Sandboden und Schlamm wird an einem eisernen, zugeschärften Bügel ein Sack zur Aufnahme des Bodens befestigt; man nennt das Instrument alsdann Sackbagger. In steinigem Boden endlich wird dem Bagger die Form eines Rechens gegeben, der den Boden auflockert. Gewöhnlich wird der Stielbagger durch 2 Arbeiter direkt gehandhabt; er ist dann bei geringer Wassertiefe und bei Arbeiten von kleinerem Umfange wohl anwendbar.

Bei größeren Arbeiten und vermehrter Wassertiefe sind die Eimerbagger, welche jetzt gewöhnlich als Eimer-Ketten-Bagger konstruiert werden, vorteilhafter. Die Kette besteht aus langen Gliedern und trägt in Abständen von 2—4 Kettengliedern die einzelnen aus Blech angefertigten Eimer, welche mit ihrer verstählten Schneide in den Boden eingreifen, sich füllen und den Inhalt in die sogen. Schüttrinne werfen. — Im Grundbau finden, besonders auf beschränkter Baustelle, die Vertikalbagger Anwendung. Zum Verlängern der Eimerkette müssen einzelne Glieder eingesetzt, beim Verkürzen solche herausgenommen werden können. Während des Brunnensenkens pflegt man die Baggerapparate direkt auf die Oberfläche desselben zu setzen, in anderen Fällen werden feste Gerüste errichtet, von diesen ausgebaggert und der Boden in Schubkarren oder Rollwagen entfernt.

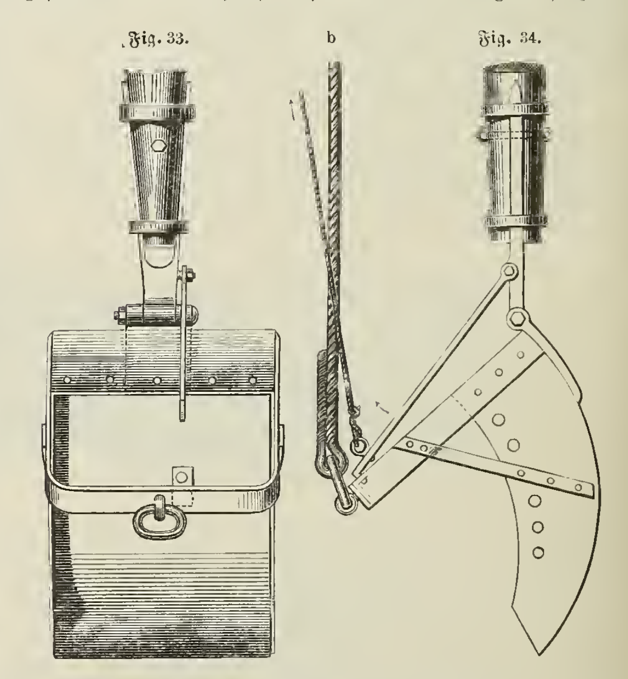
In Holland sind Schaufelbagger gebräuchlich, bei denen die Schaufeln an einer Kette befestigt sind, sich in einem geneigten Troge bewegen und so den Boden emporheben. Die alten Radbagger kommen zur Zeit kaum mehr in Gebrauch.

Unter den neueren Geräten, welche sich Eingang verschafft haben, sind folgende zu erwähnen.

Der Sackbohrer, Taf. 61 Fig. 6, ein mit zugespitzter Eisenstange versehener, zugeschärfter, halbrunder Rahmen, welcher einen Sack trägt, der sich bei der Drehung des Bohrers mit Boden füllt. Dieses Instrument wird mit Vorliebe beim Einsenken von Brunnen angewendet. Gewöhnlich faßt der Sack des Bohrers nur 0,03—0,07 cbm Inhalt, weil die Leinwand ein größeres Gewicht nicht wohl tragen kann. Bei größeren Tiefen und weiten Brunnenkesseln ist die Leistungsfähigkeit des Apparates nur gering, weil das häufige Herausheben des Bohrers viel Zeitverlust hervorruft.

Etwas besserer Erfolg wird beim Senken größerer Brunnen mit dem Drehbagger erreicht, indem der eiserne Bügel desselben mittels einer Kette quer über die Brunnensohle nach einer am Brunnenkranz angebrachten Rolle hingezogen wird. Hierbei gräbt sich der Bügel in den Boden ein, der Sack füllt sich und wird mittels der Winde aufgezogen.

Neue Apparate. Infolge der häufigeren Anwendung von Senkbrunnen zu Fundierungen sind nun auch die Baggerapparate vervollkommnet und leistungsfähiger hergestellt worden. So ist die indische Schaufel als ein für die Brunnensenkung sehr nutzbares Gerät zu bezeichnen, welches auch in Deutschland — u. a. beim Bau der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn[1]) — vorteilhafte Anwendung fand. Ihre Konstruktion ist in Fig. 33 u. 34 dargestellt. Die Schaufel ist an einer langen hölzernen



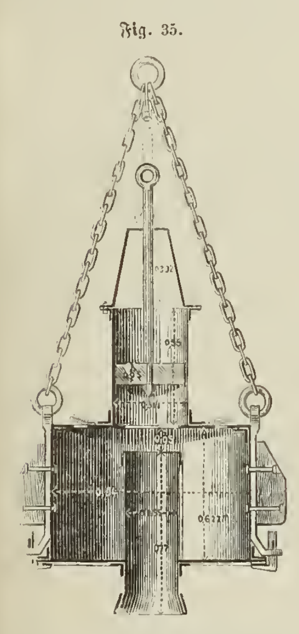
Stange, drehbar um ein Scharnier, befestigt und steht mit einem Winkelhebel in fester Verbindung. In der angegebenen Stellung wird die Schaufel an einer Kette oder einem Seil herabgelassen und auf die hölzerne Stange oberhalb ein kräftiger Druck ausgeübt, wobei sich die Schaufel in den Boden eingräbt. Dann wird mittels des dünneren

1) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1876, S. 35 u. 197.

Seiles die Spreize ausgehoben und das Tau b angezogen, also die Schaufel um das Scharnier gedreht, dadurch in horizontale Stellung gebracht und so mit dem auf ihr lagernden Boden hochgezogen. — Unter günstigen Verhältnissen wurden mittels zweier Schaufeln bei 10stündiger Arbeit im Durchschnitt 10 cbm Boden aus 5—6 m Tiefe gefördert und dadurch der Brunnen in dieser Zeit um 0,30 m gesenkt. Größere Steine konnten mit der Schaufel verhältnismäßig leicht gefaßt und gehoben werden.

Der Millroy'sche Exkavator[1]), zuerst bei Gründung der Clyde-Brücke im Jahre 1876 angewandt, ist eine Kombination von 8 an Scharnieren in einem achtseitigen Rahmen hängenden Schaufeln von dreieckiger Grundform. Beim Hinablassen hängen sie vertikal und dringen durch das Gewicht des Apparats in den Boden ein. Durch ein System von 8 Ketten, die am untern Ende der Schaufeln angreifen, lassen sich dieselben um ihre Scharniere drehen und heben dabei den Boden wie auf einer geschlossenen Plattform empor. — Die durchschnittliche tägliche Senkung eines Brunnenpfeilers mittels des Exkavators betrug 4,88 m, eine Leistung, welche den Effekt aller früher beschriebenen Apparate in den Schatten stellt.

Fig. 35.



Dieser Exkavator ist von Bruce und Bathe durch Anwendung krummer Schaufeln verbessert worden (Deutsche Bauzeitung 1875, S. 32). Er bildet im geschlossenen Zustande einen halbkugelförmigen Behälter.

Zum Senken tiefer Brunnen ist sodann die Sandpumpe mit Vorteil benutzt worden. Sie besteht aus einem, auf dem Deckel eines runden Kastens befestigten oben offenen Cylinder, in welchem ein Kolben (ohne Ventil) auf und nieder bewegt wird. Der Deckel des Kastens Fig. 35 ist mit 12 Ventilen versehen, welche das Entweichen des Wassers gestatten, den Zutritt aber verhindern. Der Boden des Kastens trägt ein vertikales, nach unten vorstehendes Rohr, welches bis 10 cm unter den Deckel reicht. Der Apparat hängt an 4 Ketten, die sich in einem Ring vereinigen; eine starke Kette ist durch diesen Ring geschlungen, sie wird über eine Rolle am Dreifuß geleitet und die Sandpumpe mittels einer Winde gehoben. Beim Gebrauch[1]) fassen 9 Mann die Kette, an welcher der Kolben hängt, und schnellen ihn wie einen Rammbär in die Höhe; hierdurch wird Luftverdünnung bewirkt und das Saugrohr mit Wasser und Sand gefüllt. Beim Füllen des Kolbens entweicht das Wasser durch die Ventile, der Sand aber fällt auf den Boden des Kastens.

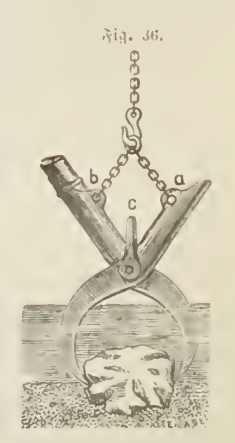
Es wurden täglich im Maximum 22,2 cbm gefördert und der Brunnen pro Tag durchschnittlich um 0,837 m gesenkt.

Entfernung von Hindernissen unter Wasser.

Häufig stößt man beim Senken von Brunnen, wie überhaupt beim Baggern, auf große Steine, Baumstämme, Felsstücke, welche oft nur mit großer Schwierigkeit gehoben werden können. Wenn Baumstämme gehoben werden sollen, so sucht man den Stamm von dem ihn umlagernden Boden durch Baggern und Kratzen zu befreien und dann mittels Bügeln und Haken zuerst eine Schnur und an dieser eine Kette unter ihm durchzuziehen und am Hebezeug zu befestigen. Ist das Durchziehen der Kette nicht möglich, so wird eine lange eiserne Schraube in den Stamm eingeschraubt und an dieser die Hebekette befestigt, oder man sucht denselben mit Zangen zu fassen.

Steine und Felsstücke kann man mittels des sogen. Steinkorbes, eines Geflechtes von Ketten, hochziehen. Gebräuchlicher ist die Greifzange oder Teufelsklaue, die in Fig. 36 im geschlossenen Zustande dargestellt ist und aus zwei, mit mehreren Zinken versehenen Doppelarmen besteht, die durch einen Drehbolzen verbunden sind; wenigstens einer derselben ist mit einem langen hölzernen Stiel versehen, der über Wasser reicht und teils zum Öffnen der Zange, teils zum Ansetzen derselben an den zu hebenden Stein dient. Beide Arme sind von einem Bügel umfaßt, der die Enden des Bolzens aufnimmt. Aufgehängt wird die Zange an den Öhren a und b derart, daß durch den Seitenzug der Kettenenden die Zange fest zusammengeschlossen wird. Herabgelassen wird sie an dem Bügel c hängend, wobei das Öffnen derselben nicht gehindert wird.

Fig. 36.



Wenn sehr große und schwere Steine unter Wasser zu heben sind, so wird in dieselben ein cylindrisches Loch

1) Zeichnung und Beschreibung des Exkavators von Millroy finden sich u. a. im Jahrg. 1868 der Deutschen Bauzeitung S. 470, auch in Clasen, Handbuch der Fundierungs-Methoden, S. 29 u. 30 u. Taf. 2, Fig. 8.

1) Brunnen-Anlage der Berliner Wasserwerke von H. Gill: vergl. Deutsche Bauzeitung 1871, S. 110 ff.

eingebohrt und in dieses der aus 2 Teilen bestehende Steinwolf eingesetzt (Fig. 37). Derselbe besteht aus einem cylindrischen, 25 cm langen Bolzen, an welchen ein Aufhängering angeschweißt ist. Man setzt den Bolzen b mit Keil k in das gemeißelte Loch des rauhen Steines ein, und hier werden beide durch Reibung festgehalten, während der Bolzen in die Höhe gezogen wird.

Fig. 37.

Auch Sprengarbeiten können im Grundbau erforderlich werden, so zur Zerkleinerung geschlossener Felsen oder einzelner schwerer Steinstücke unter Wasser. Diese Materie hat hier jedoch eine mehr nebensächliche, dagegen im Fluß- und Hafenbau eine große Bedeutung.

Umschließung der Baugrube. — Fangedämme.

§ 10.

Bei Hochbauten im festen Lande sind die Schwierigkeiten der Wasserbewältigung nur selten erheblicher Natur, indessen kommen auch Fundierungen an fließenden oder stehenden Gewässern vor, z. B. bei Landhäusern am Seeufer, Speichergebäuden an Kanälen (ein in Seestädten sehr häufiger Fall). Unter solchen Verhältnissen ist die Baugrube nach der Wasserseite hin offen und bedarf daher hier eines Abschlusses durch künstliche Wände, welche gemeinhin Fangedämme genannt werden. Da diese Arbeiten mit zur Darstellung der Baugrube gehören, so sollen sie an dieser Stelle mit besprochen werden.

Die Umschließungskörper zum Schutz einer Baugrube gegen das Wasser heißen Seitenfangedämme — wenn sie das Zudringen desselben von der Seite her abhalten sollen — und Grundfangedämme, wenn dadurch der Zudrang des Wassers von der Sohle her verhütet werden soll. Die letztgenannte Anordnung, den Boden der Baugrube mit wasserdichten Erdschichten zu überdecken, kommt seltener vor, weil in solchem Falle Beton als Dichtungsmaterial vorgezogen wird: wir werden diese Methode daher hier füglich übergehen können.

Was die allgemeine Anordnung der Seitenfangedämme anlangt, so müssen sie im stande sein, dem Druck des äußeren Wassers zu widerstehen, müssen gegen die Angriffe des Wassers an ihrer Außenfläche genügende Sicherung erhalten und endlich auch dicht genug sein, um die Bildung von Wasseradern — welche sich leicht erweitern und dann gefahrdrohend für den Damm werden — zu verhindern. Das Durchsickern kann sowohl durch den Damm selbst, als unter dessen Sohle erfolgen, es ist daher bei der Konstruktion auf diese Eventualitäten Rücksicht zu nehmen. — Ferner kommt die Höhe desselben in Betracht, weil von dieser Abmessung die Stärke des Dammes und seine sonstige Konstruktion abhängig ist. Um diese Höhe zu bestimmen, muß die Wasserstandshöhe, welche während der Zeit des Grundbaues zu erwarten steht, genau bekannt sein. In diesem Sinne geben genau geführte Wasserstandstabellen, wo solche vorhanden sind, die beste Auskunft. — Den höchsten bekannten Wasserstand pflegt man hierbei nicht zu Grunde zu legen, weil die Gründungsarbeiten stets in der Jahreszeit vorgenommen werden, wo die niedrigen Wasserstände eintreten. — Ist dagegen der Umfang der Arbeiten so groß, daß deren Vollendung eine längere Zeit in Anspruch nimmt, oder tritt auch in der günstigsten Bauzeit ein Wechsel zwischen Hoch- und Niedrigwasser ein, so ist es geraten, die Baugrube unter Wasser zu setzen und bei Eintritt des niedrigen Wassers wieder leer zu pumpen. Zu solchem Zweck versieht man den Fangedamm mit einem Einlaßsieb.

Da der Fangedamm in seinem oberen Teil selten dicht genug ist, um den Durchgang des Wassers zu verhindern, so pflegt man seine Höhe 30 cm größer zu nehmen als den während der Bauzeit angenommenen höchsten Wasserstand.

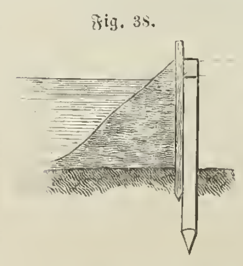
Der Konstruktion nach unterscheidet man:

1) Erddämme,
2) Fangedämme mit einseitiger Holzbekleidung,
3) hölzerne, isoliert stehende Fangedämme (Spundwände),
4) Kasten-Fangedämme.

Bis zur Höhe von 1 m genügt ein bloßer Erddamm ohne alle Bekleidung; solche Erdkörper sind zur Umschließung der Baugrube besonders da von Wichtigkeit, wo sie aus gewachsenem Boden stehen bleiben können. Leichter lagert sich die Erde und läßt sich auch besser komprimieren, wenn sie sich wenigstens auf einer Seite gegen eine feste Holzwand lehnt, die man dann immer auf der Seite anbringt, welche der Baugrube zugewendet ist. Hierher gehört auch der noch weiterhin zu besprechende Fall, in welchem man das Fundament des Bauwerks mit einer Wand von gespundeten Bohlen umgiebt und gegen dieselbe von außen einen Thonschlag anbringt, der als Fangedamm dient.

Statt der immerhin beschwerlichen Spundwand kann man sich häufig der sogenannten Stülpwand aus zwei Reihen in den Fugen sich überdeckender, in den Boden eingetriebener Bohlen bedienen, oder es wird eine verholmte Pfahlwand hergestellt, d. h. es werden einzelne Pfähle eingerammt, auf diese ein Holm aufgezapft und dahinter eine doppelte Brettwand gelehnt (Fig. 38). Solche Konstruktionen können nur bis zur Höhe von 1,5 m in Frage kommen.

Fig. 38.



Am häufigsten werden die Fangedämme mit zwei senkrechten Holzwänden konstruiert, welche den Erddamm ein-

schließen; sie heißen dann Kastenfangedämme. Die Erdschüttung zwischen den einschließenden Holzwänden stellt hauptsächlich die Wasserdichtigkeit her, und diese muß daher eine gehörige Breite bekommen. Außerdem dienen die Oberflächen der Fangedämme sehr oft zum Materialientransport oder als Lagerplätze für diese, oder zur Aufstellung von Geräten ꝛc., und erfordern daher aus diesem Grunde schon immer eine angemessene Breite. Bei niedrigen Fangedämmen ist diese gewöhnlich der Höhe gleich und nur, wenn die Fangedämme eine Höhe von 3 m und darüber erreichen, pflegt man die Breite derselben in einem kleineren Verhältnis zunehmen zu lassen als die Höhe. Hieraus hat sich die in Deutschland sehr verbreitete Regel gebildet: den Fangedämmen bis zu 2,5 m Höhe die Höhe zur Breite zu geben, darüber hinaus aber die Breite dadurch zu bestimmen, daß man zur halben Höhe 1,25 m addiert. Ein 5 m hoher Fangedamm würde hiernach $\frac{5}{2} + 1{,}25 = 3{,}75$ m Breite erhalten. Die Franzosen machen die Breite bis zu 3 m Höhe dieser gleich und lassen bei größerer Höhe die Breite um $\frac{1}{3}$ der Mehrhöhe wachsen, danach würde ein 5 m hoher Fangedamm $3 + \frac{1}{3} \cdot 2 = 3{,}66$ m Breite bekommen. Diese Breite bezieht sich immer auf den eigentlichen Erdkörper.

In neuerer Zeit macht man indessen die Fangedämme häufig schwächer, man steift sie ab und erreicht den erforderlichen Grad von Dichtigkeit durch gute Füllmaterialien.

Die Konstruktion der Fangedämme ist folgende: Zwei Reihen Pfähle werden in einem lichten Abstande gleich der Breite des Fangedammes, mit Berücksichtigung der gegen die Pfähle zu stellenden Bohlen, so tief in den Boden gerammt, daß sie dem Wasserdrucke gehörig widerstehen können, auch dann noch, wenn der etwa weiche Boden auf der Seite gegen die Baugrube vertieft werden muß. Man pflegt gewöhnlich anzunehmen, daß die Pfähle so tief in der Erde stecken müssen, als sie über dieselbe hervorragen. In den Reihen läßt man zwischen zwei Pfählen einen Raum von 1—1,5 m. Die beiden Pfahlreihen, deren Pfähle einander gerade gegenüberstehen, werden dann gewöhnlich in gleicher Höhe abgeschnitten und verholmt, wie Fig. 39 im Querschnitt zeigt. Um die Pfähle gegen den Erddruck zu schützen, werden die Holme durch übergekämmte Zangen a verbunden, welche man ebenso weit auseinanderlegt, als die Pfähle in den Reihen voneinander entfernt sind. Um das Abschneiden der Pfähle zu vermeiden, kann man auch an den Außenseiten der Pfähle in passender Höhe schwächere Hölzer auf gegen die Pfähle geschraubte Knaggen legen und über diese die Zangen greifen lassen. Es behalten dann die Pfähle ihre ganze Länge, was immer vorteilhaft für ihren künftigen anderweitigen Gebrauch ist (Fig. 40). Häufig werden dabei die Zangen durch eiserne Anker ersetzt (Fig. 41). In einzelnen Fällen werden die Holme ganz fortgelassen und die Pfähle unmittelbar durch doppelte, mit denselben überblattete Zangen gehalten.

Fig. 39.

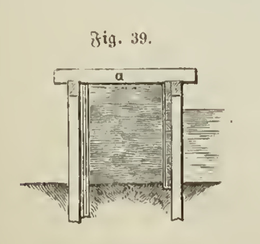
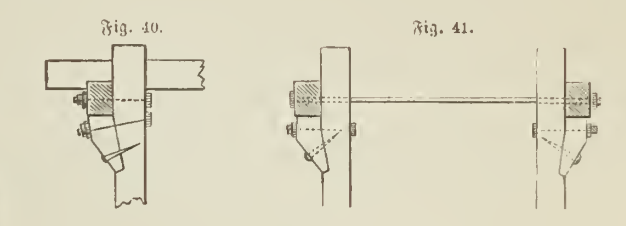


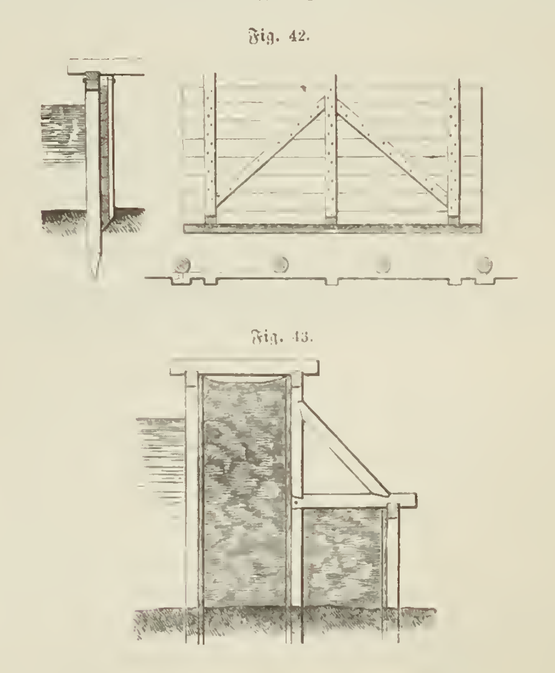
Fig. 40. Fig. 41.



Ehe man die Zangen auf den Holmen der Pfahlreihen befestigt, müssen die dichten Holzwände, gegen welche sich die Erde der Fangedämme lehnen soll, angebracht werden. Gewöhnlich bestehen diese aus horizontal hinter die Pfähle gelegten Bohlen, von denen aber die untersten bei etwas bedeutender Wassertiefe schwer in ihrer Lage zu erhalten sind, bevor sie durch die Füllerde festgedrückt werden. Man vereinigt sie daher zu ganzen Tafeln, indem man vertikale, starke Leisten quer über die Bohlen nagelt und die Länge der Tafeln so einrichtet, daß der Stoß zweier derselben immer auf einen Pfahl trifft (Fig. 42). Um diesen Stoß

Fig. 42.

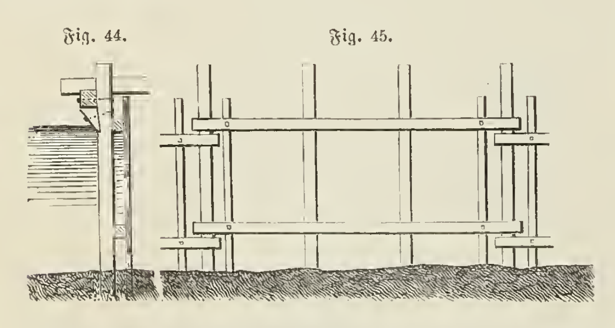
Fig. 43.



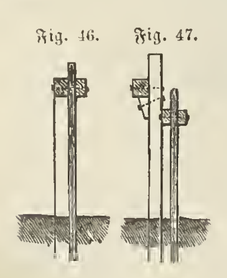
noch mehr zu dichten, rammt man innerhalb noch eine Bohle vor denselben; sonst werden die Tafeln dadurch festgehalten, daß man sie oberhalb an den Holm der Pfahlreihen nagelt. Um einen möglichst dichten Schluß an der Sohle des Fangedammes zu erhalten, ist es gut, wenn man innerhalb der äußeren Pfahlreihe und dicht an derselben

eine Rinne ausbaggert, so daß die unteren Teile der Tafeln in den Grund dringen.

Die dem Innern der Baugrube zugewendete Bohlenwand hat den Erddruck des Dammes auszuhalten, dem nach dem Trockenlegen der Baugrube kein Wasserdruck entgegenwirkt, so daß hier schon eine steifere Konstruktion nötig wird, wenn auf der Außenseite die erwähnten Tafeln noch genügen. Man kann dann den beabsichtigten Zweck oft dadurch erreichen, daß man die innere Holzwand als eine Stülpwand mit lotrecht eingerammten Bohlen konstruiert. Reicht dies nicht aus, so kann man die Bohlen einer solchen Stülpwand zwischen dem Holme und dem Grunde noch einmal durch horizontale Gurtungen unterstützen, welche man, wenn der Wasserstand es erlaubt, in dieser Gegend an die innere Seite der Pfähle befestigt, oder bei höherem Wasserstande mittels angenagelter vertikaler Latten an den Pfählen hinabschiebt und festhält, und gegen welche sich dann die Bohlen der Stülpwand lehnen. Diese Riegel reichen mit ihren Enden immer etwas über die Pfähle hinaus und liegen daher einer immer tiefer oder höher als der benachbarte. Oberhalb muß dann hinter den Pfählen ein Riegel von derselben Stärke befestigt werden, damit die Stülpwand vertikal zu stehen kommt und der Fangedamm in seinem Erdkörper nicht unten schmäler wird als oben (Fig. 44 u. 45).

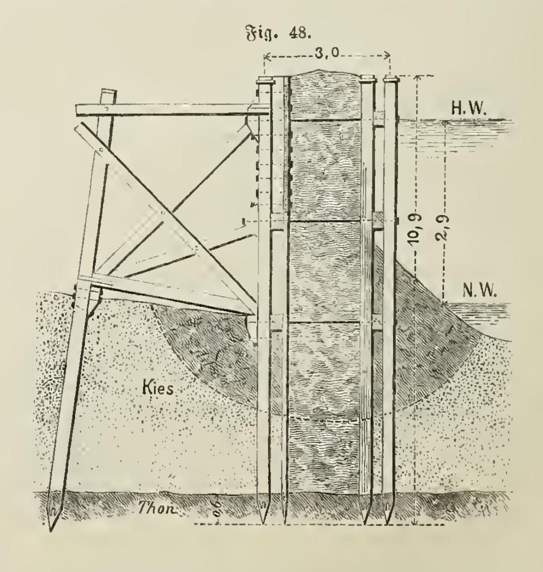

Fig. 44. Fig. 45.

Wird der Fangedamm 3,5—4 m hoch, so muß man zur Bekleidung seiner Hinterseite schon eine Spundwand wählen, welche ihrer großen Steifigkeit wegen einen sehr sicheren Schluß gewährt, und bringt man auch an der Vorderwand eine solche Spundwand an, so wird durch das Eindringen beider in den Grund der wichtige Vorteil erreicht, daß der Wasserzudrang in die Baugrube unter dem Fangedamme hindurch bedeutend vermindert wird, was besonders bei kiesigem oder sonst Wasser durchlassendem Grunde von großer Bedeutung werden kann. Hierbei werden die oberen Zwingen, wie in Fig. 47, entweder unabhängig von den Holmen angeordnet, oder man benutzt den Holm als eine der Zwingen (Fig. 46). Die Zwingen veranlassen innerhalb des Fangedammes leicht ein Aufhängen der Füllerde, sie werden daher häufig bei Einfüllen des Bodens entfernt und die untere überhaupt fortgelassen.


Fig. 46. Fig. 47.

Wird der Fangedamm sehr hoch, so daß er auch eine bedeutende Breite erhalten muß, so reicht die bisher beschriebene Konstruktion nicht mehr aus, und man verfährt dann auf andere Weise. Die Breite wird in zwei oder auch wohl in drei gleiche Teile geteilt, und es werden ebensoviel Fangedämme hintereinander von geringerer Breite und abnehmender Höhe im Zusammenhange erbaut, wie beispielsweise Fig. 43 einen solchen zeigt. Zuerst errichtet man nämlich einen gewöhnlichen Fangedamm, jedoch nur halb so breit, als er seiner Höhe nach sein müßte. Ist dieser fertig, so beginnt man mit dem Wasserausschöpfen, bis der Wasserstand auf die Hälfte der Höhe des Dammes gesunken ist. Alsdann wird der zweite, nur halb so hohe Fangedamm erbaut, der aber nur eine Reihe Pfähle bekommt und natürlich an der Seite des ersten liegt, welche gegen die Baugrube gekehrt ist. Die Zangen dieses zweiten Dammes werden einerseits auf den Holm der niedrigen Pfahlreihe gekämmt und mit dem andern Ende an die Pfähle des höheren Fangedammes mit schwalbenschwanzförmigen Blättern angeblattet und festgenagelt. In diese Zangen und gegen die Pfähle werden dann noch Streben oder Büge mit Versatzungen befestigt, welche dem Wasserdruck gegen den obern Teil des äußern Dammes kräftig entgegenwirken. Ist auch dieser zweite Fangedamm fertig, so wird der Wasserspiegel bis auf die beabsichtigte Tiefe gesenkt.

Als ein Beispiel von Verstrebungen an der inneren Seite des Fangedammes geben wir in Fig. 48 den Fangedamm vom Bau des Parlamentshauses in London.

Fig. 48.


Wo ein Fangedamm gegen ein höheres Ufer ausläuft, muß dieses ausgeschnitten und der Fangedamm noch

eine Strecke lang in dasselbe hinein fortgeführt werden. Der Anschluß an Mauern oder steile Felsen, ein Fall, der gerade bei Hochbauten ziemlich oft vorkommen dürfte, ist immer sehr schwer wasserdicht herzustellen; gewöhnlich sucht man sich durch Verbreiterung des Dammes an diesen Stellen zu helfen. Auch dadurch kann die Wasserdichtigkeit vergrößert werden, daß man in den Ecken mit Stroh umwickelte Stangen einstößt und Dünger als Füllmaterial für den Damm verwendet.

Da sich die Erde in allen scharfen Ecken schwer komprimieren läßt, so sucht man bei der Anlage von Fangedämmen solche dadurch zu vermeiden, daß man rechte, jedenfalls aber spitze Winkel durch Abschneiden der Spitze in zwei stumpfe verwandelt.

Zum Füllen der Fangedämme muß man sich einer gleichmäßigen, feinen Erde bedienen, welche sich recht fest lagert und bei der Berührung mit Wasser nicht gleich in einen weichen Brei verwandelt wird. Eine Hauptbedingung bleibt die Reinheit der Erde von größeren Steinen, Holzstücken ꝛc. Gemeiniglich wird ein recht zäher Thon für das beste Füllmaterial der Fangedämme gehalten, und wenn man denselben in recht dünnen Schichten einbringen kann, so rechtfertigt er auch diese Meinung. In tiefem Wasser ist die Anwendung desselben aber immer bedenklich, und gewöhnliche Dammerde verdient in solchem Falle den Vorzug.[1]) Der Sand, welchen man als untauglich zum Bau von Fangedämmen zu bezeichnen pflegt, hat alle jene schädlichen Eigenschaften des Thons — namentlich das Ballen in größere Brocken — nicht, und wenn er auch ein geringes Durchsickern des Wassers nicht verhüten wird, so können sich in demselben doch auch niemals starke Wasseradern bilden, weil er die Bildung von Kanälen gerade durch seinen geringen Zusammenhang verhindert. Nur muß man bei der Anwendung des Sandes als Füllmaterial besonders für eine recht dichte Holzwand an der innern Seite des Fangedammes sorgen, so daß durch diese die Sandkörner nicht vom Wasser fortgeführt werden können. Ist eine solche Wand vorhanden, so lagert sich der Sand durch den großen Wasserdruck ungemein fest und giebt alsdann einen sehr guten Fangedamm. Zusatz von Kalkbrei ($^1/_{10}$—$^1/_{15}$) zum Sand macht denselben als Füllmaterial besonders geeignet. Das beste, aber auch teuerste Material ist der **Beton**, wovon später die Rede sein wird.

Das Füllen der Fangedämme muß rasch und mit Vorsicht geschehen. Man legt gewöhnlich über die Zangen eine Art Dielenboden, häuft auf diesem eine bedeutende Masse Erde an und sucht diese dann plötzlich in den Fangedamm zu stürzen. Dies Verfahren ist besonders dann ratsam, wenn das Füllmaterial aus einer Erdart besteht, die im Wasser leicht erweicht wird.

Erfüllt ein Fangedamm seinen Zweck nicht, d. h. hindert er das Hindurchtreten größerer Wassermassen nicht, so muß man den vorhandenen Leck zu dichten suchen, doch die bezüglichen Versuche niemals auf der der Baugrube zugewendeten Seite vornehmen, weil sie hier vergeblich sein würden, da alle vor den Leck gebrachten Stopfmittel durch den großen Wasserdruck sogleich fortgedrängt und unwirksam gemacht werden würden.[1]) Von der Außenseite werden dergleichen Arbeiten durch den Wasserstand erschwert, und es bleibt nichts anderes übrig, als passende Gegenstände hier zu versenken, welche vielleicht gerade durch den Zug der durchdringenden Wasseradern in den Leck hineingezogen werden und denselben nach und nach verstopfen. Wenn man die Öffnung des Lecks auf der Außenseite seiner Lage nach kennt, so kann man in dieser Gegend ein hinreichend großes Stück wasserdichter Leinwand versenken, welche durch den Wasserdruck selbst fest an den Damm gedrückt wird. Auch durch die Versenkung von Dünger, welcher mit recht viel Stroh vermengt ist, gelingt zuweilen eine Verstopfung des Lecks, wenn durch den Zug des Wassers Stroh in die Öffnung gezogen wird. Wenn man den Grund der Undichtigkeit des Dammes in dem Vorhandensein mehrerer feiner Wasseradern vermuten muß, so hilft zuweilen noch folgendes Mittel: Man schüttet nämlich vor dem Damme recht fein verteilten feinkörnigen Sand in kleinen Portionen in das Wasser. Die einzelnen feinen Sandkörnchen sinken langsam zu Boden und folgen hierbei sehr leicht dem Zuge bewegter Wasserfäden, so daß sie auf diese Weise durch das Wasser selbst in den Fangedamm geführt werden, wo sie leicht so viel Hindernisse finden, daß sie liegen bleiben und so die Lecke nach und nach verstopfen. Die Tugend der Geduld wird man indessen bei einer solchen Arbeit immer zu üben Gelegenheit haben.

Die Gefahr der Entstehung von undichten Stellen ist am meisten da vorhanden, wo Konstruktionsteile **quer durch den Damm** reichen. Für die meisten vorkommenden Zwecke sind dieselben in der Regel zu vermeiden, bei Konstruktionen von großer Höhe wird indessen eine Querverbindung unerläßlich und dann (wie in Fig. 48) meist durch eiserne Anker bewirkt, wobei die Bildung von Wasserkanälen allerdings auch nicht ausgeschlossen ist. Aus diesem Grunde sollte jeder hohe Fangedamm, wie oben erwähnt, in verschiedene Teile zerlegt werden.

Will man den Leck im **Innern** eines Fangedammes stopfen, so geschieht dies durch Rammen und Stampfen, in-

[1]) **Perronet** hat beim Bau der Neuilly-Brücke gewöhnlicher Dammerde, die er in der Nähe der Baustelle fand, den Vorzug vor Thon gegeben.

[1]) Unterwaschene Stellen schützt man durch Steinschüttungen und Eintreiben von Pfahl- und Bohlenwänden.

dem man an der betreffenden Stelle die Erde so weit ausgräbt, als es der Wasserstand erlaubt, und dann fetten Thon einstampft, und überhaupt durch Stampfen und Rammen die Erde möglichst zu komprimieren sucht, oder man baggert auch die Erde ganz aus und füllt die betreffende Stelle von unten aus neu auf. Hierbei muß man aber die Baugrube voll Wasser laufen lassen, damit die Ursache zum Durchströmen des Wassers beseitigt wird, weil, wenn dieses in der gemachten Öffnung stattfindet, eine Dichtung derselben nicht gelingt.

Besondere Vorsicht verlangt auch die Herstellung von Fangedämmen auf weichem Untergrunde; hier ist — um die genügende Stabilität zu erhalten — auf tief hinabreichende Pfähle Rücksicht zu nehmen, und jedenfalls der schlammige Boden sorgfältig zu entfernen, ehe man mit dem Einfüllen des Dichtmaterials beginnt.

Beseitigung der Fangedämme. Hat der Damm seinen Zweck erfüllt, so darf durch Entfernung der in den Boden hinabreichenden Pfähle der Boden nicht gelockert werden; es wird daher zweckmäßiger sein, die Pfähle abzuschneiden als sie auszuziehen.

Von den Fundamenten.

§ 11.

Unter dem Fundamente eines Gebäudes verstehen wir die unterhalb der Erdoberfläche befindlichen Mauern, auf welchen dasselbe ruht, und man nennt diese Mauern speciell Grund- oder Fundamentmauern, wenn sie nur zu dem angegebenen Zwecke errichtet werden. Bei Gebäuden mit Unterkellerung dienen die Kellermauern den darüber stehenden auch als Fundamente, heißen aber Kellermauern, und nur diejenigen Teile, welche noch unter die Kellersohle hinabreichen, nehmen wieder den Namen Fundamentmauern an, weil sie den Kellermauern und so auch den über der Erde befindlichen Mauern zum Fundamente dienen. Nur wenn man ein Gebäude auf zu Tage anstehendem Felsen errichten will, und derselbe gegen die Angriffe der Witterung ebenso beständig ist, als das darauf zu setzende Mauerwerk, dann kann man das Gebäude ohne Fundament aufführen. Aber auch der Felsen zeigt in der Regel seine Risse und Spuren von Verwitterung, so daß sich hierdurch die allgemeine Regel begründet: Jedes Gebäude von einiger Wichtigkeit so tief zu fundamentieren, daß die untersten Schichten des Mauerwerks nicht vom Frost erreicht werden können. Diese Tiefe wird, wie oben erwähnt, in unserm Klima 1—1,5 m nicht überschreiten. Tiefer in den festen Baugrund hinabzugehen, bedingt eine unnütze Vergrößerung der Baukosten; denn die hie und da verbreitete Ansicht, daß ein Gebäude um so tiefer fundamentiert werden müsse, je höher und schwerer es sei, beruht auf einem Vorurteile. Es kommt vielmehr einzig und allein darauf an, daß der erreichte Baugrund das Gewicht des Gebäudes sicher zu tragen im stande sei, gleichviel in welcher Tiefe er liegt.

Um die verschiedenen Gründungsmethoden, welche man bei Hochbauten anzuwenden pflegt, kennen zu lernen, wollen wir dieselben übersichtlich nach den früher klassifizierten Baugründen besprechen.

Gründung auf gutem, festen Baugrunde.

§ 12.

I. Hat man Felsboden als Baugrund und sich auch durch sorgfältige Untersuchungen von seiner Güte als Baugrund überzeugt, so wird man die Baugrube nur so tief zu legen haben, daß die Einwirkungen des Frostes und der Nässe auf die unteren Schichten der Fundamentmauern aufhören.

Wie wir schon früher angegeben haben, muß die Oberfläche des Felsens, auf der man die Fundamentmauern aufführen will, geebnet und von den größeren Hervorragungen befreit werden. In manchen Fällen aber kann es auch ratsam werden, eine zu glatte Felsenoberfläche absichtlich rauh zu machen, um eine bessere Verbindung der unteren Steinschichten mit dem Felsen durch den Mörtel zu bewirken. Am besten dürfte es indessen in einem solchen Falle sein, den Felsen mit einer dünnen Schicht Beton zu bedecken, welcher sich den Unebenheiten des Felsens überall leicht anschließt, fest daran haftet und sich gut mit dem Mauerwerke des Fundaments verbindet. Soll auf stark zerklüftetem, sonst aber festem Gestein (wie die weicheren Kalksteinarten zuweilen sind) unter Wasser fundiert werden, so ist es oft nicht möglich, den Wasserzudrang in die Baugrube abzuhalten, und es bleibt dann wieder eine Betonschicht von gehöriger Stärke das beste Mittel, nach deren Erhärtung die Trockenlegung der Baustelle am ehesten gelingen wird, so daß darüber mit dem Mauerwerk des Fundaments begonnen werden kann.

II. Aber nicht nur den gewachsenen Felsboden haben wir zu den guten und festen Baugründen gezählt, sondern auch aufgeschwemmten Boden, wie Kies, Sand, Lehm ꝛc. Bei diesen Gründen wird man die oben erwähnte Rücksicht gegen das Eindringen von Nässe und Frost noch weniger aus den Augen setzen dürfen, schon deshalb nicht, damit nicht Ungeziefer unter dem Fundament hindurch den Weg in das Innere des Gebäudes findet.

Wenn man auf Kies in bedeutender Tiefe zu fundieren und dabei mit Grundwasser zu kämpfen hat, so wird die Arbeit oft dadurch bedeutend erschwert, daß sich eine

solche Baugrube, auch mit Hilfe der wirksamsten Maschinen, nicht trocken legen läßt, indem der Kies dem Wasser sehr leicht den Durchgang gestattet, und dieses um so reichlicher aus der Sohle der Baugrube hervorzuquellen pflegt, je kräftiger man das Wasserschöpfen betreibt. Grober Kies wird nun hierdurch zwar nicht merklich gelockert, doch wird auch in diesem Falle wieder die Versenkung einer Lage Beton am leichtesten zum Ziele führen.

III. Hat man auf einem Sandgrunde zu fundieren, so wird man das Gebäude nicht auf die obere Sandschicht setzen können, weil eine gewisse Einsenkung erfolgen wird. Nach Hagen ist die Last, welche eine gegebene Grundfläche in reinem Sandboden tragen kann, dem Quadrat der Tiefe der Einsenkung proportional. Nennt man daher die Einsenkung, d. h. die Entfernung der Unterfläche des Fundaments von der Oberfläche der Sandschicht e, die zu tragende Last L und eine aus Versuchen zu bestimmende Konstante k, so wird man haben:

$$e^2 k = L,$$

$$e = \sqrt{\frac{L}{k}} \text{ und}$$

$$k = \frac{L}{e^2};$$

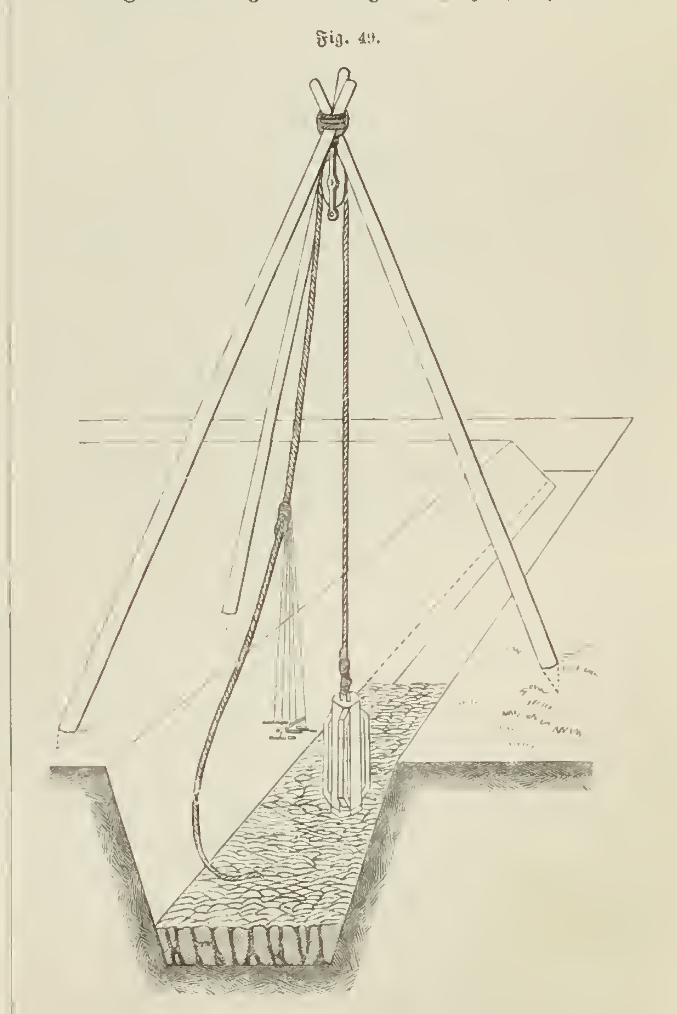
man findet daher die Konstante k, wenn man mit dem Quadrat der Tiefe, bis zu welcher eine Last in Sand einsinkt, diese selbst dividiert.

Hat man auf diese Weise durch unmittelbare Versuche die Tiefe bestimmt, bis zu welcher man das Fundament in die Sandschicht zu versenken hat, und sich von der geschlossenen Lage und der gehörigen Mächtigkeit der Sandschicht überzeugt, so kommt es besonders darauf an, die Entstehung von Quellen in der Sandschicht zu verhüten, weil sie dadurch aufgelockert wird und möglicherweise ihre Tragkraft verliert. Man wird daher, wenn sich Grundwasser zeigt, ein starkes Wasserschöpfen vermeiden müssen, und das beste Mittel wird wieder die Bedeckung der Sohle der Baugrube mit einer Betonlage sein, bevor man mit dem Wasserschöpfen beginnt. Zuweilen kann man sich aber auch dadurch helfen, daß man die Baugrube in kleinere Trennstücke zerlegt und jede derselben für sich behandelt, ein Verfahren, das man bei schlechtem Baugrunde überhaupt mit Vorteil anwenden kann. Es ist dann für eine möglichst gute Verbindung der pfeilerweise aufgeführten Fundamente zu sorgen, d. h. man wird die einzelnen Pfeiler mit Verzahnung oder Abtreppung und nur so hoch aufmauern, als unumgänglich notwendig ist, damit man noch eine möglichst große, im Zusammenhang aufgeführte Mauermasse über diesen Pfeilern erhält, welche am meisten für die Solidität des Fundaments garantiert. Um die Entstehung von Quellen zu verhüten, kann man auch das Fundament mit einer Spundwand umgeben, die in reinem Sande am leichtesten ausführbar ist.

Die Eigenschaft des reinen scharfen Sandes, daß die einzelnen Körner desselben eine starke Reibung erleiden, sich deshalb in ihrer Lage erhalten und auch einen verschiedenartigen Druck unter sich ausgleichen, läßt ihn bei Fundierungen so vorteilhaft erscheinen, daß man ihn auch da, wo er nicht vorhanden war, zu Fundierungen angewendet hat, indem man denselben als untersten Teil des Fundaments künstlich in die Baugrube brachte. Der eigentliche Zweck ist in diesem Falle die Verteilung der Last mittels des Sandes auf eine größere Grundfläche, und wir werden daher bei den Fundierungen auf schlechtem Baugrunde auch die Sandschüttungen zu besprechen haben.

IV. Den Thon haben wir schon früher, jedoch nur in dem Falle als guten Baugrund bezeichnet, wenn er

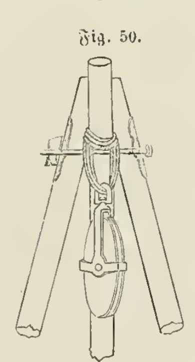
Fig. 49.



gehörig trocken ist. Sehr schwere Gebäude werden sich in einem solchen Boden nämlich immer, wenn auch unbedeutend, senken. Man kann diesem Übelstande nun begegnen

und denselben auf ein Minimum reduzieren, wenn man die Sohle der Baugrube stark komprimiert, bevor man das Mauerwerk darauf setzt. Dies wird am besten erreicht, wenn faustgroße Steine regelmäßig und hochkantig, wie ein Pflaster, dicht nebeneinandergesetzt und mit Handrammen eingetrieben werden. Mit Vorteil bedient man sich hierbei der sogenannten Schwungramme (Fig. 49). Ein einfaches, dreibeiniges, aus gewöhnlichen Stangen verbundenes Gestell (Fig. 50) trägt in seinem Scheitel eine feste Rolle, über welche ein Tau geht, an dem der Rammklotz hängt. Derselbe wird von mehreren Arbeitern, die an dem Taue ziehen, leicht bis auf 1 m Höhe und darüber aufgezogen und dann beim Herunterfallen von zwei Arbeitern leicht auf die Stelle geleitet, wo er den Stoß ausüben soll. Eine solche Ramme hat eine bedeutend größere Wirkung als die gewöhnliche, von zwei Mann bediente Handramme. Dringt die erste Schicht Steine mit Leichtigkeit ganz in den Boden ein, so kann eine zweite darauf gesetzt werden.

Fig. 50.



Auch durch die Anwendung von Füllpfählen hat man die Sohle einer solchen Baugrube zuweilen komprimiert, so z. B. bei der Gründung eines Speichers in Hamburg. Das Verfahren bestand darin, daß man kurze, etwa 1 m lange, schwache Pfähle einen dicht neben den andern setzte und in die Sohle eintrieb, bis sich die letzten gar nicht oder doch nur mit großer Mühe eintreiben ließen. Diese Art der Fundierung dürfte übrigens immer kostspielig werden und sollte überhaupt nur dann zur Anwendung kommen, wenn man die Überzeugung hat, daß die eingeschlagenen Pfähle stets unter dem Stande des Grundwassers bleiben, um dadurch vor dem Verfaulen geschützt zu sein.

§ 13.

Allgemeine Regeln. Wir haben schon früher bemerkt, daß es fehlerhaft ist, das Fundament in einen guten Baugrund tiefer einzuschneiden, als die Rücksichten gegen Frost und Nässe bedingen. Man kann jedoch von dieser Regel abzuweichen gezwungen werden, wenn die Vermutung nahe liegt, daß die, unter der als tragfähig erkannten Schicht befindlichen Lagen seitwärts ausweichen können; wenn z. B. an einem jähen Abhange fundiert werden soll und das Ausweichen nach dem Thale hin befürchtet werden muß.

In einem solchen Falle wird man die Sohle der Baugrube so tief senken müssen, bis sie mit dem zunächst gelegenen Punkte der Thalsohle gleich hoch liegt oder doch eine, von ihr nach diesem Punkte gezogene Gerade keine größere Neigung als etwa 20° gegen den Horizont hat, denn die Erfahrung lehrt, daß weiche und mit Wasser durchzogene Erdarten sich unter keinem flacheren Winkel abböschen. Man darf daher in einem solchen Falle auch keine steilen Abtreppungen in der Baugrubensohle anbringen, wie etwa bei Felsboden, sondern muß diese ganz flach halten.

Was die Anlage der Fundamentmauern selbst anbelangt, so wissen wir, daß die Breite oder Stärke derselben, festen Baugrund vorausgesetzt, von ihrer Höhe und der Stärke der darauf stehenden Mauern abhängt[1]), und wir haben daher nur noch zu bemerken, daß man zu den untersten Schichten der Grundmauern ausgesucht große und flache Steine verwenden muß, um den Druck auf eine große Fläche zu verteilen. Hat man keine großen natürlichen Steine, und ist man gezwungen, mit Backsteinen zu fundamentieren, wie dies z. B. in Hamburg ganz gewöhnlich geschieht, so sollten die untersten Schichten, die man am besten auf eine dünne Sandschicht setzt, in schnell erhärtendem Mörtel vermauert werden. Sind die Grundmauern später dem Wasser ausgesetzt, so muß man auf sorgfältiges Verstreichen der Fugen in den Mauerhäuptern sehen, damit das Wasser nicht Eingang in das Innere der Mauer findet.

Die Regel, alle Mauern eines Gebäudes immer in gleicher Höhe und im genauesten Zusammenhang aufzuführen, findet auch bei den Grundmauern ihre volle Anwendung, es sei denn, daß man an irgend einer Stelle ein stärkeres Setzen des Grundes voraussetzen muß, und daß man diese möglichst schnell zu komprimieren sucht.

Damit die Grundmauern gehörig austrocknen können, dürfen sie nicht sofort nach ihrer Aufführung mit Erde hinterfüllt werden, eine Regel, gegen welche sehr häufig verstoßen wird. Die Maurer pflegen nämlich, sobald sie einige Schichten gemauert haben, die Fundamentgräben mit der Füllerde vollzustampfen, um auf dieser einen Stand zu gewinnen und so ein Gerüst zu ersparen; zugleich auch oft, um eine mangelhafte Arbeit möglichst schnell dem Auge zu entziehen. Nur wenn man die Wände der Baugrube beinahe senkrecht abgegraben hat und die Mauern nahe an diese heranrücken, muß man den geringen Zwischenraum gleichzeitig mit dem Aufführen der Mauern ausfüllen, weil dies späterhin nicht so vollständig geschehen kann. Dann sollten aber immer Steinbrocken als Füllmaterial verwendet werden.

Gründung auf schlechtem Baugrunde.

§ 14.

Wie es zwischen einem untadelhaft guten und einem ganz schlechten Baugrunde mancherlei Abstufungen giebt, ebenso modifizieren sich auch die Fundierungsarten in den

[1]) Vergl. Allgemeine Bau-Konstruktionslehre, I. Teil.

betreffenden Fällen; zwischen dem mühelosen Aufmauern der Fundamente auf festem, trockenem Felsgrunde und der kostspieligen Befestigung eines weichen Moorbodens giebt es daher mancherlei Modifikationen, immer aber wird es nicht unbedeutender Vorbereitungen bedürfen, ehe mit den eigentlichen Fundamentmauern begonnen werden kann.

Eine der hier zur Anwendung kommenden Konstruktionen besteht in der Verbreiterung des Fundaments. Aus der allgemeinen Konstruktionslehre ist bekannt, daß man den Fundamentmauern auch auf festem Baugrunde einen breiteren Fuß giebt: jene Verbreiterung bezweckt nur die Vergrößerung der Stabilität, während die Verbreiterung des Fundaments lediglich die Verteilung des Druckes auf eine größere Grundfläche bewirken soll, wodurch die Pressung auf die Quadrateinheit des Baugrundes eine geringere wird. Denn jeder Baugrund, auch der schlechteste, widersteht einem gewissen Drucke, solange dieser nicht größer ist als seine Tragfähigkeit. Verteilt man aber den Druck auf eine große Fläche, so kann man diese Verteilung am Ende so weit treiben, daß der auf die Quadrateinheit des Baugrundes kommende Druck mit der Tragfähigkeit derselben im Gleichgewichte steht, oder besser, von letzterer übertroffen wird.

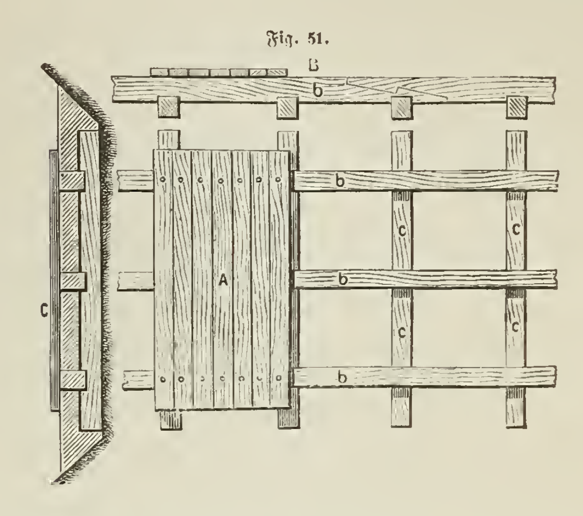
Ein weicher und nachgiebiger Baugrund ist indessen selten von so gleichförmiger Beschaffenheit, daß er an jeder Stelle denselben Widerstand leistet; auch wird es oft unmöglich, die Last des Gebäudes auf die Unterfläche des Fundaments ganz gleichmäßig zu verteilen. Deshalb werden außer der Verbreiterung der Fundamente gewöhnlich noch solche Zwischenlagen angeordnet, daß die Unterfläche derselben einen innigen Zusammenhang zeigt, daß namentlich nicht einzelne Teile des Fundaments unabhängig von den anderen tiefer einsinken können, vielmehr das ganze Gebäude gleichmäßig sinken muß — was in manchen Fällen ohne allen Nachteil geschehen kann. — Dieser Zusammenhang der tragenden Teile soll derart sein, daß weder die absolute, noch die Bruchfestigkeit des Materials überschritten werden kann.

Derartige steife Zwischenlagen wurden bei nicht ganz inkompressiblem Untergrunde früher häufiger als jetzt angewandt, man nennt sie Roste und unterscheidet Schwellroste und Pfahlroste. Die letztgenannte Fundierungsweise auf Pfählen gehört auch jetzt noch zu den häufiger ausgeführten künstlichen Gründungsarten, während die Fundierung auf Schwellrost neuerdings seltener gewählt wird, weil in den Fällen, wo sie sich wirklich nutzbringend erweist, Beton vorgezogen wird.

§ 15.

Gründung auf Schwellrost (liegender Rost). Wir haben die in Deutschland gebräuchliche Konstruktion eines solchen Rostes bereits im II. Teil der „Allgemeinen Bau-Konstruktionslehre" (Kap. 5, § 5) kennen gelernt. Es werden hierbei die unmittelbar auf dem geebneten Boden liegenden Querschwellen c, c (Fig. 51) an denjenigen

Fig. 51.



Stellen, wo die Langschwellen sie treffen, 5—8 cm tief eingeschnitten, während die Langschwellen in voller Stärke bleiben. Sind zwei solche Schwellen zu stoßen, so geschieht es über einer Querschwelle durch schräges Hackenblatt oder durch stumpfen Stoß unter Anwendung eiserner Klammern, doch soll mehr als ein Stoß auf einer solchen Querschwelle nicht vorkommen.

In Frankreich legt man nicht die Quer-, sondern die Langschwellen auf den geebneten Boden und streckt die Querschwellen als Zangen darüber. Zwischen den letzteren und parallel mit ihnen sind Bohlen auf den Langschwellen verlegt.

In England werden auf dem geebneten Boden große Steine ausgebreitet und auf diesen ruhen die weniger dicken als breiten überschnittenen Rostbalken, die durch aufgenagelte Bohlen zusammengehalten werden.[1])

Ein fester Schwellrost wird auch erreicht, wenn zwei, sich unter rechtem Winkel kreuzende Lagen von 18 cm dicken Halbhölzern eben verlegt und unter sich durch eiserne Nägel verbunden werden.[2])

Allgemeines. Obwohl die Schwellroste nicht so viel Steifigkeit besitzen, um unter Einfluß großer Belastung vor jeder Biegung gesichert zu sein, so gewähren sie doch — namentlich im Anfange des Baues — große Vorteile, d. h. solange der Mörtel noch nicht erhärtet ist und die Mauern noch nicht genügenden Zusammenhang haben, um dem Einsinken einzelner Teile des Fundaments widerstehen zu können.

1) Die Tragfähigkeit der Langschwellen wird hierbei erheblich geschwächt.

2) Telford legte bei der Severn-Brücke zu Tewkesburg die 15 cm starken Bohlen diagonal zur Fugenrichtung des Mauerwerkes, die Bohlenlagen waren mit einer Spundwand umschlossen.

Die Steifigkeit des Rostes wird also erheblich vergrößert, wenn man die ersten Fundamentschichten so lange ohne weitere Aufmauerung stehen läßt, bis die Erhärtung vor sich gegangen ist, und das Einsinken einzelner Steine der Schicht wird unter allen Umständen verhindert. — Immer wird man aber gut thun — wenn auch Beispiele gleichmäßiger Senkung (ohne Risse in den Mauern) hier und da zu konstatieren sind —, den Schwellrost nie anders als auf gleichmäßig komprimierbarem Grunde zu verwenden.

Einen großen Vorteil gewährt der Schwellrost durch die vortreffliche Verankerung aller Fundamentteile unter sich mittels der Langschwellen; solche Ankerung ist namentlich überall da von Nutzen, wo die tragenden Wände von Gewölben auf diese Weise miteinander verbunden werden können. Aus diesem Grunde muß auch auf tüchtigen Verband der Stöße großes Gewicht gelegt werden. — Daß die Unterlage der Stöße wohl gesichert werden muß, wurde ebenfalls früher erwähnt.

Auch bei den gewöhnlichen Rostkonstruktionen, wie solche Fig. 51 zeigt, ist der Raum zwischen den Quer- und Langschwellen nicht hohl zu belassen, sondern — am besten mit Mauerwerk — auszufüllen. Hat man Thon und Lehm zu diesem Zweck, so kann man ihn durch Stampfen komprimieren, Sand und Bauschutt dagegen kann durch Rammen im angenäßten Zustande gut komprimiert werden. Sehr gut hat sich auch das Einbringen eines mageren Betons bewährt.

Gegen Unterspülung des Fundaments und zur Sicherung des Bodens gegen seitliches Ausweichen umschließt man den Schwellrost gern mit einer Spundwand. Das Ausdrängen der Erde unter dem Roste wird dadurch allerdings verhindert, aber der Rost gegen Unterspülung nicht zweifellos gesichert, weil Spundwände nie vollständig wasserdicht herzustellen sind; und könnte dies auch im Innern der Spundwand geschehen, so wird doch bei stark strömenden Wasseradern die Möglichkeit einer äußeren Entblößung von Erde nicht ausgeschlossen sein, wodurch die Spundwand eingebogen werden kann. Daraus folgt als Regel: daß bei quelligem Terrain der Schwellrost überhaupt nicht am Platze ist.

Spundwände haben aber den Vorteil, daß sie eine feste Umschließung der Baugrube und dadurch deren Trockenlegung erleichtern. Um ein gleichmäßiges Sinken der Konstruktionsteile des Rostes zu ermöglichen, darf derselbe daher nirgend mit der Spundwand in Berührung gebracht werden. Gewöhnlich benutzt man die vordere Langschwelle als Lehre beim Einrammen der Spundwand, wodurch diese nahe an den Rost zu stehen kommt und die Fuge zwischen beiden durch die Schwelle gedeckt erscheint.

Gründung auf Sandschüttung.

§ 16.

Eine weitere Methode der Verbreiterung des Fundaments besteht, wie wir schon kurz erwähnt haben, in der Anwendung einer starken Sandschüttung. Der Zweck ist hier wieder, ein ungleichmäßiges Einsinken des Gebäudes dadurch zu verhüten, daß der, besonders nachgiebige Stellen treffende Druck auf festere Umgebungen übertragen wird. In Frankreich hat man von diesem Verfahren schon seit längerer Zeit und häufig Gebrauch gemacht, und in Surinam soll es ganz allgemein angewendet werden. Die Erfahrung scheint es zu bestätigen, daß man mit einer solchen Sandschüttung dieselben Zwecke wie durch einen liegenden Rost erreicht, natürlich ohne die Verankerung, welche mit letzterem erzielt werden kann. Es ergeben sich aber für die Sandschüttung die zwei wichtigen Vorteile, daß eine solche beinahe unter allen Umständen leichter ausführbar und daher wohlfeiler ist, schon deshalb, weil sie keineswegs so tief zu liegen braucht, daß sie immer unter dem niedrigsten Grundwasserstande bleibt, da die Festigkeit einer Sandablagerung durchaus nicht leidet, wenn sie auch abwechselnd naß und trocken wird. Es kommt dabei einzig darauf an, dieselbe vor der unmittelbaren Berührung stark bewegten Wassers zu schützen. Die Anwendung des Sandes in der angegebenen Weise rechtfertigen auch die in dieser Beziehung angestellten Versuche. Diese ergeben, daß der Sand den Druck auf die unteren Schichten innerhalb einer unter 45° geneigten Böschung verteilt.

Wendet man eine solche Sandschüttung an Stelle eines liegenden Rostes an, so wird sie zwar weder ein Sinken im allgemeinen, noch ein ungleichförmiges Senken ganz verhüten können, doch kann dies ein liegender Rost ebensowenig, wenn die Veranlassung dazu in dem Baugrunde gegeben ist.

Eine Sandschüttung bildet immer eine sehr feste Sohle in der Baugrube, welche einzelne Steine des Fundaments nicht einsinken läßt, und wenn der Grund an einzelnen Stellen besonders weich oder die Last sehr groß sein sollte, so wird der Druck nach Maßgabe der Tragfähigkeit des Grundes durch die Sandschicht sehr gleichmäßig verteilt und durch dieselbe ein ungleiches Einsinken innerhalb gewisser Grenzen sehr sicher vermieden.

Die ersten Versuche mit einer solchen Fundierung wurden im Jahre 1823 in Paris beim Bau des Kanals St. Martin gemacht es wurde ein Teil der Kaimauern auf einer 1 m hohen Sandschüttung gegründet. In Bayonne stellte man im Jahre 1831 eine Bastion der Befestigung mittels einer Sandschüttung auf sehr weichen Boden. Hier zeigte sich zwar ein sehr ungleiches Setzen,

was aber dadurch seine Erklärung findet, daß der Baugrund ungleich tief war, so daß die Sandschüttung an einer Stelle beinahe den festen Grund erreichte, während sie an einer andern $1^1/_2$ m darüber, und zwar auf einer ebenso hohen, weichen und preßbaren Erde lag. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß in diesem Falle der liegende Rost ein ungleiches Setzen ebensowenig verhütet haben würde, wie die Sandschüttung.

Man hat auch den Versuch gemacht, dem Sande durch Begießen mit Kalkmilch einen größeren Zusammenhang zu geben, und es läßt sich aus den gelungenen Versuchen mit dem sogenannten Sandkalkpisébau schließen, daß ein solches Verfahren besonders dort mit Nutzen anzuwenden sein wird, wo man befürchten muß, daß der Sand durch bewegte Wasseradern angegriffen werden könnte.

In Hamburg hat man im Jahre 1839 ein Schlachthaus auf einer Sandschüttung fundiert, welches sich zwar gesenkt hat, aber so gleichmäßig, daß keinerlei Nachteile daraus erwachsen sind. Der Baugrund bestand aus fast unergründlichem Moorboden, in welchem die längsten Pfähle unter der Ramme förmlich verschwanden, außerdem war es fast unmöglich, mit der Gründung so tief hinabzugehen, wie solches ein Holzrost erfordert hätte. Es wurde daher in den Fundamentgräben eine ca. 3 m tiefe und 5 m in der Sohle breite Sandschüttung angeordnet, welche man dadurch sehr fest lagern konnte, daß man Gelegenheit hatte, durch eine sogenannte Wasserkunst die Baugrube von Zeit zu Zeit mit Wasser zu füllen, welches den Sand von oben nach unten durchzog und unterhalb seinen Abfluß fand, indem der Wasserstand der nicht weit entfernten Elbe zur Ebbezeit bedeutend niedriger war als die Sohle der Baugrube. Auf dieser Sandbettung wurde dann das Fundament 1,4 m stark von Backsteinen angelegt und so abgesetzt, daß es auf eine Höhe von 2,2 m noch 0,78 m Stärke behielt, worauf dann die Etagenmauern gesetzt wurden.

Auch das Terrain des jetzigen Bahnhofes der Berlin-Hamburger Eisenbahn zu **Berlin** bildete früher ein Wiesenland, welches unter der Perronhalle auf 8,8 bis 12,5 m Tiefe Morast und Torfuntergrund zeigte.[1]) Dieser Wiesenboden wurde innerhalb der Grenzen des Empfangsgebäudes bis auf den festen Untergrund ausgehoben, darauf Sand in dünnen Lagen eingeschüttet, durch Eingießen von Wasser festgeschlämmt und so die Baugrube wieder gefüllt. Bevor mit dem Aufmauern der Fundamente begonnen wurde, hielt man es für nötig, unter denselben durchgängig einen liegenden Rost anzulegen, der offenbar ohne Nachteil hätte fehlen können. Einige Stellen in der Nähe des Schiffahrts-Kanales konnten ohne Gefahr nicht ausgehoben werden; hier wurde daher auf Senkbrunnen gegründet, die bis in die gewachsenen Schichten hinabgeführt wurden: trotz dieser Ungleichartigkeit der Fundamente hat das große und schwere Gebäude keinerlei Spuren von Rissen erkennen lassen.

Die Gründung des Thüringischen Bahnhofes zu **Leipzig** erfolgte auf eine Sandschüttung, die nach jeder Richtung sich um 3 m weiter ausdehnte als die äußeren Umfassungsmauern.

Ebenso wurden die Hochbauten des Bahnhofs der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn auf Sandschüttung fundiert.[1]) Die über dem guten Baugrunde lagernde Moorschicht von 1,2 bis 3 m Höhe wurde durch Baggerung weggeräumt und durch Sandschüttung ersetzt. Unter die Fundamente der Gebäude wurde ein Rundsteinpflaster gelegt, dessen kräftiges Abrammen vermöge der daraus hervorgegangenen Erschütterungen die Konsolidation der Sandschicht vollendete, die 3 Wochen hindurch periodisch mit Hilfe einer Dampfpumpe mit Wasser überschüttet worden war.

Bei **Ausführung von Sandfundamenten** wird also das Erdreich bis zur nötigen Tiefe mit der Dossierung ausgehoben, die der Bodenbeschaffenheit entspricht, und die Breitenausdehnung der Sohle der Baugrube zweckmäßig so bemessen, daß die von den Außenkanten der unteren Druckfläche (des Fundaments) unter 45° gezogenen Linien noch innerhalb der Sohle der Baugrube fallen.

Zuweilen ist man gezwungen, um die Stärke der Sandschüttung nicht durch Einschneiden der Fundamente zu verringern, das Gebäude direkt auf die Sandschüttung und im Niveau des umgebenden Erdreiches aufzusetzen. Damit nun für die Fundamente diejenige Tiefe unter Terrain erreicht werde, welche erfahrungsmäßig erforderlich ist, um die nachteiligen Wirkungen des Frostes abzuhalten, muß das Gebäude mit einem rampenartigen Erdaufwurfe versehen werden. Die Kellerräume sind in diesem Falle im Rez-de-chaussée anzulegen.

Gründung auf Pfahlrost.

§ 17.

Wenn man einen festen Baugrund durch Aufgraben nicht erreichen, denselben aber unter einer weichen, nachgebenden Schicht mit Sicherheit vermuten kann, so wendet man den **Pfahlrost** an, dessen Konstruktion wir bereits kennen lernten.[2]) Der eigentliche Zweck des Pfahlrostes ist, die Last des Gebäudes mittels der Pfähle durch die weiche Erdschicht hindurch auf den festen Baugrund zu übertragen. Es ist indessen nicht selten, daß man den Pfahlrost auch da anwendet, wo die Pfähle keine festere Erdschicht als die bereits durchdrungene erreichen, also mit ihren Spitzen

1) Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1856, S. 487.

1) Deutsche Bauzeitung 1875, S. 375.

2) Vergl. Allgem. Bau-Konstruktionslehre, II. Teil.

nicht auf festem Grunde aufstehen. In diesem Falle ist es nur die an der Peripherie der Pfähle stattfindende Reibung, welche ein tieferes Einsinken derselben und der von ihnen getragenen Last verhindert, und man pflegt aus dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle unter den Schlägen des Rammklotzes auf ihre geringere oder größere Tragfähigkeit zu schließen.

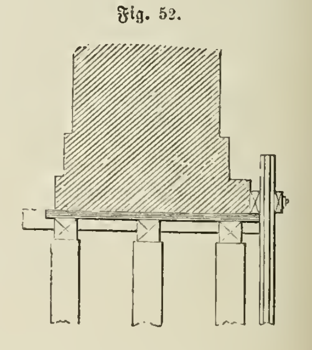
Die Konstruktion des Rostes selbst erleidet mancherlei Veränderungen, und die wichtigsten von diesen werden wir kurz erwähnen. Bei der Anwendung des Pfahlrostes bleibt es, wie bei dem liegenden Roste, eine Hauptbedingung, denselben immer so anzuordnen, daß seine Oberfläche unter dem niedrigsten Stande des Grundwassers bleibt. Es giebt zwar einige Beispiele, wo diese Regel umgangen ist, indem man voraussetzte, der Boden um den Rost herum würde, durchaus vor dem Zutritt der Luft geschützt, seine Feuchtigkeit behalten, besonders wenn er aus einer fetten, zähen Erdart besteht. Solche Ausnahmen mögen in einzelnen Fällen glücken, bleiben aber immer gefährlich und deshalb immer — Ausnahmen.

Zu den Pfählen des Rostes wird gewöhnlich das Holz der Kiefer oder Föhre (pinus sylvestris) verwendet. Zu dem eigentlichen Rostbelag nimmt man gern Eichenholz, wenn es nicht zu teuer kommt, doch ist Nadelholz ebenfalls sehr wohl anwendbar.

Da jedes Fundament in einer gewissen Richtung Widerstand leisten muß, so kann der Fall vorkommen, daß man die Pfähle eines Rostes nicht vertikal, sondern geneigt einrammen muß, wenn nämlich die Richtung der Resultierenden aus den auf das Fundament wirksamen Pressungen nicht vertikal ist, denn es ist einleuchtend, daß die Pfähle den größten Widerstand leisten werden, wenn sie in der Richtung dieser Resultierenden eingerammt sind. Diese Betrachtung wird besonders in dem Falle wichtig, in welchem nur die Pfähle mit ihren Spitzen den festen Boden erreichen und mit ihrer übrigen Länge in einem weichen, nachgebenden Grunde stecken. Bei Hochbauten werden die erwähnten Rücksichten selten zu nehmen sein, indem die Resultierende aus den Pressungen auf das Fundament in den meisten Fällen vertikal gerichtet, oder so wenig von dieser Richtung abweichend sein wird, daß sie unbedenklich als vertikal angenommen werden kann. Bei Wasser-, namentlich Brückenbauten, kommt es dagegen nicht selten vor, daß die Rostpfähle unter einer Neigung gegen die Vertikale eingerammt werden und auch der Rostbelag geneigt angeordnet wird.

Bei der Anwendung des Pfahlrostes ist die Anordnung einer Spundwand sehr gewöhnlich. Ihr Zweck ist hier im wesentlichen der, eine Verminderung des Wasserzudranges während des Baues und ein Zusammenhalten des Erdkörpers unterhalb des Rostes zu bewirken. Da hier ein Einsinken des Rostes durch Kompression des Baugrundes nicht vorausgesetzt werden kann (wie dies bei dem liegenden Roste der Fall ist), so ist eine innige Verbindung der Spundwand mit dem Roste nicht nachteilig, und man erreicht dadurch den wichtigen Vorteil, auch unter dem Roste Spundwände anordnen zu können; eine Konstruktion, welche das Durchdringen von Wasseradern wirksam verhindert. Die Anordnung mehrerer, dann meist paralleler Spundwände kommt hauptsächlich bei Wasserbauwerken, namentlich bei Schleusen und Wehren vor. Im Hochbau kommen die Spundwände meistens nur als Umfassungen des Rostes vor, und finden alsdann die passendste Stelle vor der äußersten Pfahlreihe, weil sie so den Zweck, den Rost zu schützen, am vollständigsten erreichen. In vielen Fällen wird es dabei vorteilhaft sein, die Spundwand nicht zu nahe an die Pfahlreihe zu stellen, um das Eindringen der Pfähle dieser Reihe nicht zu erschweren, denn früher als diese Pfähle muß die Spundwand jedenfalls eingerammt werden, weil ihre Herstellung noch mehr erschwert werden würde, wenn der Boden durch das Einrammen der Rostpfähle bereits komprimiert wäre. Bei solcher Stellung der Spundwand kann man dieselbe zuweilen bis 1 m über den Rost hinaufreichen lassen und — indem man einen Thonschlag dahinter bringt — sie zugleich als einen niedrigen Fangedamm für die Baugrube benutzen. Fig. 52 zeigt ein Beispiel solcher Anordnung; es reichen die Zangen und der Belag des Rostes bis dicht an die Spundwand, so daß hierdurch die eingeschlossene Erde, der Thonschlag und auch wohl die in den Rostfeldern angebrachte Ausmauerung bedeckt und geschützt werden. Unsere Figur zeigt zugleich statt des gewöhnlichen Holmes zwei schwächere Zangenhölzer, welche mit den schwachen Spundpfählen verbolzt sind und von denen das innere auf dem Belage des Rostes liegt.

Fig. 52.



Da die Spundwand und der Rost immer vom Grundwasser bedeckt bleiben sollen, so wird man die beschriebene Konstruktion nur in dem Falle anwenden können, wenn der Wasserspiegel in der Baugrube so weit gesenkt werden kann, daß der Rost die tiefere Lage erhält. Die Spundwand kann übrigens nach Aufführung der Fundamente bis zur Höhe des niedrigsten Wasserstandes abgeschnitten werden. Geht dies nicht an, oder besteht die Spundwand aus stärkeren Pfählen, bei denen man den starken Holm nicht gern entbehrt, so legt man diesen hart an die vordere Langschwelle des Rostes und bolzt ihn mit dieser zusammen. Die Zangen und der Bohlenbelag reichen dann über den Holm der Spundwand hinweg, dürfen aber in dem Falle, daß die Spundwand dem fließenden Wasser ausgesetzt ist, nicht

überstehen. Während die Zangen mit den Rostschwellen verkämmt sind, liegen sie auf dem Holme mit einem Blatte stumpf auf, weil man den Holm nicht gern durch die Einschnitte der Kämme schwächt (Fig. 53).

Eine Abweichung von der bisher erörterten Konstruktion bildet die bei den Franzosen übliche Anordnung, die Spundwand in die erste Reihe der Rostpfähle zu setzen, wobei die eigentlichen Rostpfähle a (Fig. 54) Spundpfähle

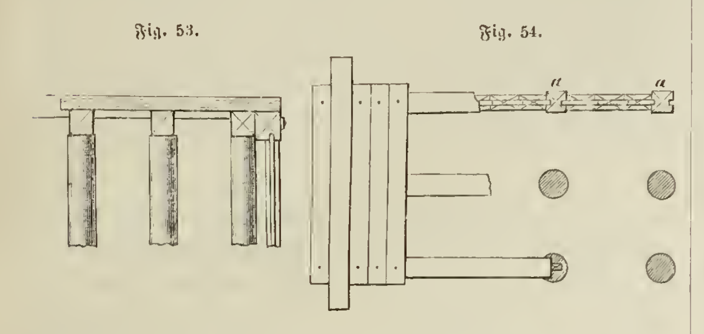


Fig. 53. Fig. 54.

sind und ebenso tief eingerammt werden müssen, als die übrigen Rostpfähle, während die Zwischenräume mit schwächeren Spundpfählen ausgefüllt werden. Diese Anordnung ist nicht zu empfehlen, denn die Spundwand soll die Rostpfähle schützen, und diesen Zweck verfehlt sie bei der ersten Reihe, welche jedenfalls des Schutzes am bedürftigsten ist, durchaus; außerdem wird die Ausführung einer solchen Spundwand, bei welcher einzelne stärkere Pfähle tiefer herabreichen als die übrigen, außerordentlich schwierig.

Eine weitere Abweichung besteht darin, die Zangen über den Rostschwellen ganz fortzulassen, wie solches in England, Frankreich und Holland ganz gewöhnlich zu geschehen pflegt. Die Zangen eines Pfahlrostes haben nämlich einen ganz andern Zweck als die Unterlagen oder Querschwellen des liegenden Rostes. Letztere sollen den Langschwellen eine Unterstützung gewähren und den Druck auf dieselben gleichmäßig verteilen helfen, die Zangen aber haben nur den Zweck, die Langschwellen, über welche sie gekämmt sind, in ihrer Lage zu erhalten und ein Ausweichen derselben nach der Seite, wenn ein solches Bestreben vorhanden sein sollte, zu verhüten. Denn die Langschwellen des Pfahlrostes werden durch die Pfähle überall hinreichend unterstützt. Da nun bei Hochbauten fast immer das Bestreben, die Langschwellen seitwärts zu verschieben, fehlt, so rechtfertigt sich das Fortlassen der Zangen in solchen Fällen vollkommen, da die Lage der Langschwellen außerdem durch den festgenagelten Dielenbelag angemessen gesichert ist.

In England, wo das Holz hoch im Preise steht, geht man noch weiter, und läßt auch den Bohlenbelag fort, doch ist dies bei dem Pfahlroste gefährlicher als bei dem liegenden, weil schon die ersten Schichten des Mauerwerks, wenn sie auf keinem Dielenbelage ruhen und der Boden nachgiebig ist, in den Rostfeldern sich senken, wodurch der Verband des Mauerwerks gestört werden würde.

Dagegen wird diese Methode da mit Vorteil angewendet, wo der Pfahlrost nur den Zweck hat, bei eintretenden Unterspülungen des an sich tragfähigen aber leicht beweglichen Bodens die Last des Bauwerkes auf tiefere Schichten zu übertragen und so im Notfalle als Reserve zu dienen.

Wo, wie in Deutschland, das Holz einen so hohen Preis noch nicht erreicht hat, da behält man den Rostbelag am besten bei, die Zangen aber können unbedenklich fortgelassen werden.

Ausführung der Rammarbeiten.

§ 18.

Nicht nur bei den Fundierungen auf Rost, sondern auch in manchen anderen Fällen wird das Einschlagen von Pfählen bis auf eine bedeutende Tiefe auf den Baustellen nötig. Bekanntlich bedient man sich zu dieser Arbeit der Ramme. Der Hauptteil derselben ist der Rammklotz, Rammbär, eine Eisenmasse oder ein schwerer Holzklotz, welcher stoßweise auf den Pfahl wirkt und ihn dadurch in den Boden treibt. Das Heben des Rammklotzes, um den Stoß ausüben zu können, wird auf verschiedene Weise bewirkt, und hiernach unterscheidet man: Handrammen, Zugrammen, Kunstrammen, Dampframmen und in neuester Zeit auch Pulverrammen.

1) Die einfachste Ramme ist die Handramme, sie besteht nur aus dem Rammklotz, welcher unmittelbar und aus freier Hand durch Arbeiter gehoben und auf den Pfahl herabgestoßen wird. Zu diesem Zwecke sind an demselben — in der Regel vier — Bügel angebracht, welche als Handhaben dienen und gewöhnlich so lang sind als der Klotz, damit die Arbeiter in verschiedenen Höhen angreifen können. Das Gerät besteht ganz aus Holz; die Form ist meistens eine abgestumpfte, achtseitige Pyramide, die sich ohne großen Holzverlust aus einem runden Stammabschnitte bilden läßt. Fig. 55 zeigt eine solche Handramme im Grundriß und Aufriß. Unten wird der Klotz mit einem starken eisernen Ringe beschlagen, den man „handwarm“ von oben auftreibt,

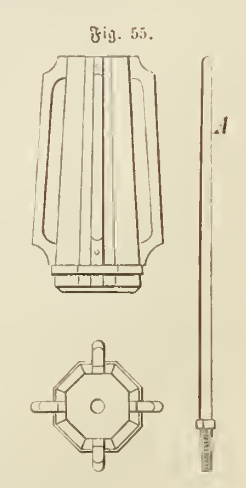


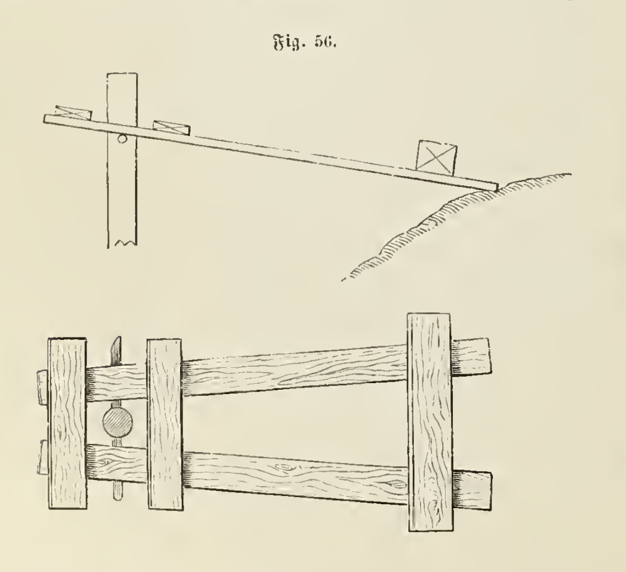
Fig. 55.

bevor die Bügel befestigt sind. Eine Befestigung des Ringes durch Nägel oder eiserne Krampen ist nicht zweckmäßig, weil diese durch die Erschütterung lose werden und beim

Eintrocknen des Klotzes den Ring am weiteren Herabsinken hindern würden, was geschehen muß, wenn der Ring immer fest schließen und den Klotz dadurch am Zerspringen hindern soll. Aus diesem Grunde soll auch recht trockenes Holz verwendet und der Ring so angebracht werden, daß er anfänglich etwa 16—18 cm vom unteren Ende des Klotzes entfernt bleibt. Das zweckmäßigste Material zu einem Rammklotze ist Eichen- oder Rüsternholz.

Der Gebrauch der Handramme setzt immer kräftige und eingeübte Arbeiter voraus. Man darf hierbei etwa 12,5 kg Gewicht des Klotzes bei 1 m Hubhöhe auf jeden Arbeiter rechnen, und da sich deren nicht mehr als vier anstellen lassen, so beschränkt sich das ganze Gewicht des Rammklotzes auf etwa 50 kg. Solange der Pfahl noch hoch steht, muß der Klotz sehr hoch gehoben werden, wobei die Arbeiter ängstlich werden. Um diesen Übelstand zu beseitigen und den Effekt der Ramme zu erhöhen, sucht man die Richtung des Klotzes dadurch zu fixieren, daß man auf dem Pfahle eine schmiedeeiserne Stange anbringt, welche den Klotz führt. Fig. 55 zeigt bei A eine solche von 1,5 m Länge und 4 cm Durchmesser. Sie ist am unteren Ende mit einem Gewinde und dicht darüber mit einem vier- oder sechseckigen Ansatz versehen, um sie mit einem Schlüssel fassen zu können. Nun wird möglichst genau in der Achse des Pfahls ein passendes Loch vorgebohrt und in dieses die Stange so eingeschraubt, daß sie in die Verlängerung der Pfahlachse fällt. Auch der Rammklotz muß in der Richtung seiner Achse durchbohrt werden, so daß er mit hinreichendem Spielraume an der eisernen Stange auf und nieder gleiten

Fig. 56.



kann; an seiner Unterfläche erhält er eine Vertiefung, damit er nicht auf den eckigen Ansatz der Stange aufstößt. Da die Arbeiter hierbei ein Herabfallen des Klotzes nicht mehr zu fürchten haben, arbeiten sie dreister und mit mehr Kraft. Die eiserne Stange kann nach dem Einrammen des Pfahls wieder ausgeschraubt und von neuem gebraucht werden.

Um das Einrammen mittels der Handramme noch mehr zu erleichtern, kann man, nach Fig. 56, ein kleines Gerüst anwenden, auf welchem die Arbeiter stehen, und hier nicht nur durch ihr eigenes Gewicht den Effekt der Arbeit erhöhen, sondern dieselbe auch dadurch erleichtern, daß sie den Kopf des Pfahls immer in derselben zweckmäßig gewählten Höhe vor sich behalten. Das Gerüst ruht nämlich mit dem vorderen Ende auf einer durch den Pfahl gesteckten, starken, eisernen Stange, so daß es sich bei tieferem Einsinken des Pfahls samt den darauf stehenden Arbeitern senkt.

§ 19.

2) Zu größeren Rammarbeiten bedient man sich der **Zugramme**, bei welcher der Rammklotz an dem **Rammtau** hängt, welches über eine, auf besonderem Gestelle befestigte Rolle, die **Rammscheibe**, geht und von den Arbeitern mittels an dem Rammtau befestigter Leinen stoßweise in die Höhe geschnellt wird. Der Rammklotz findet Führung an dem Gestell selbst, so daß er sicher den Pfahl treffen muß.

Die Einrichtung der Zugrammen ist in den verschiedenen Gegenden ebenfalls verschieden. Fig. 1, Taf. 59, stellt eine in Norddeutschland übliche Ramme dar, die sich durch die Menge starker Hölzer und ihr daraus sich ergebendes großes Gewicht auszeichnet. Dies sichert ihr zwar einen festen Stand, erschwert aber auch ihr Aufstellen und den Transport von einem Pfahle zum andern (das sogenannte „Verfahren“).

Die Ramme besteht aus einem Schwellwerk, auf dem die Ruten und Streben aufstehen. Da Rute a zur Leitung des Rammklotzes dient, nimmt sie oben die **Rammscheibe** auf, über welche das Rammtau geht; sie wird durch die beiden **Seitenstreben** b b gehalten, und diese drei Hölzer bilden mit der Schwelle c die **Vorderwand** der Ramme. Sie wird durch die beiden **Hinterstreben** d d in ihrer vertikalen Stellung gehalten. Letztere tragen einen einfachen Hornhaspel, der als Winde dient, mit welcher mittels des **Pfahltaues** e die einzurammenden Pfähle aufgerichtet werden. Das Pfahltau geht über zwei feste Rollen in einem auf der Rute drehbar befestigten Holze, dem sogenannten **Triezkopfe** t.

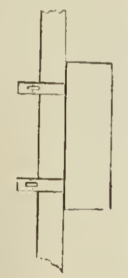
Die Verbindung der verschiedenen Hölzer wird durch Zapfen und eiserne Überwürfe bewirkt, um sie leicht herstellen und lösen zu können. Eine Ausnahme machen die Streben, welche an ihrem oberen Ende in die Läuferrute mit Versatzung eingelassen und durch einen Bolzen mit Splint befestigt sind. Eine der Streben in der vorderen Wand ist mit Sprossen versehen, um als Leiter zu dienen.

Das Aufstellen einer solchen Ramme geschieht in der Art, daß man die vordere Wand in horizontaler Lage zu-

sammensetzt, dann, während sie flach auf dem Boden liegt, die übrigen Verbandstücke an den zugehörigen Stellen befestigt. Alsdann wird an dem oberen Teile der Läuferrute ein Tau befestigt und mittels einer Winde oder eines Flaschenzuges angezogen, wobei man anfänglich durch Anheben dem Aufrichten der Vorderwand zu Hilfe kommt. Bald muß aber der Zug an dem Taue gemäßigt werden, und endlich sucht man durch ein zweites, an dem Kopfe der Ramme angebrachtes Stopftau, an welchem man einige Arbeiter anstellt, ein zu heftiges Aufschlagen der Verschwellung auf den Boden zu verhüten. Beim Niederlegen ist das Verfahren gerade das umgekehrte. Hat man mehrere Rammen aufzurichten, so wird man nur bei der ersten das beschriebene Verfahren anzuwenden haben und sich dieser dann zum Aufrichten der übrigen mit Vorteil bedienen können. Dasselbe gilt beim Niederlegen der Rammen.

Das Verstellen der Rammen auf der Baustelle, das sogenannte „Verfahren" derselben, geschieht nicht durch Zerlegen, sondern sie werden nur stehend, mit Hilfe von Hebebäumen auf untergelegten Walzen ꝛc. verschoben, wobei man übrigens große Vorsicht anzuwenden hat, um ein Umschlagen hoher Rammen zu verhüten.

3) Fig. 2, Taf. 66, zeigt die nach ganz gleichen Prinzipien konstruierte sogenannte Winkelramme. Sie unterscheidet sich von der vorigen nur durch eine andere Verschwellung und dient zum Einpfählen in den Winkeln und Ecken der Baugrube, wo man mit der vorigen Ramme etwa nicht zukommen kann. Sie ist sehr schwierig aufzurichten, und man wird daher, wenn beide Arten von Rammen auf der Baustelle sind, die Winkelrammen zuletzt und mit Hilfe der übrigen aufrichten.


Fig. 57.

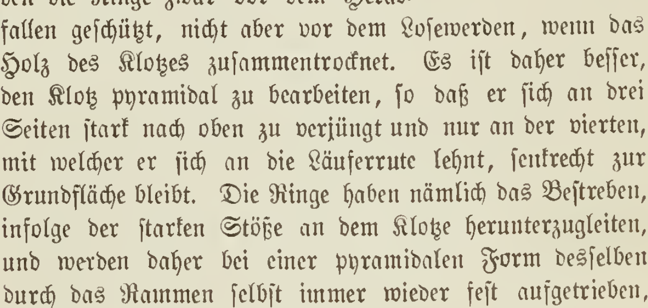


§ 20.

Bei beiden Rammen hat der Rammklotz dieselbe Gestalt und die Einrichtung, welche Fig. 57 zeigt. Er hat vier Arme, welche seitwärts an der Läuferrute vorbeigehen und von denen je zwei hinter derselben durch einen Riegel verbunden sind. Hierbei kann sich der Klotz nicht sicher gegen die ziemlich schmale Fläche der Läuferrute lehnen und schwankt daher etwas, was immer zunimmt, wenn durch den Gebrauch sich die scharfen Kanten der Hölzer abgerundet haben.

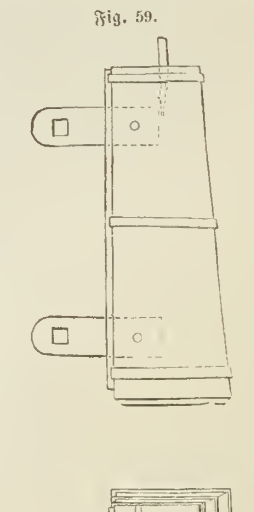
Der Klotz besteht gewöhnlich aus Holz, häufig auch aus Eisen; sein Gewicht schwankt zwischen 300 und 400 kg, je nach dem leichteren oder schwereren Eindringen der Pfähle, und man pflegt als Regel anzunehmen, daß der Klotz wenigstens nicht leichter sein dürfe, als der einzurammende Pfahl. Hölzerne Rammklötze werden gewöhnlich aus Eichenholz angefertigt, und ist dazu recht gesundes und trockenes Holz auszusuchen, um das Aufreißen, Zersplittern oder Stumpfschlagen des Klotzes zu verhüten. Der heftigen Stöße wegen muß der Klotz mit einigen eisernen Ringen beschlagen werden. Meistens bearbeitet man den Klotz prismatisch und im Querschnitt quadratisch. Oben und unten erhält er einen etwa 1,5 cm tiefen Einschnitt für die eisernen Ringe. Diese Einschnitte sind nötig, weil an der der Läuferrute zugekehrten Seite keine Beschlagteile vorstehen dürfen. Jeder Ring wird zwar durch Nägel befestigt, meistens aber durch eiserne, hakenförmige Schienen festgehalten, welche man auf den Mitten der Seiten des Rammklotzes einläßt, festnagelt und die mit ihrem umgebogenen Teile den Ring festhalten, wie dies Fig. 58 darstellt.

Fig. 58.



Durch eine solche Befestigung werden die Ringe zwar vor dem Herabfallen geschützt, nicht aber vor dem Losewerden, wenn das Holz des Klotzes zusammentrocknet. Es ist daher besser, den Klotz pyramidal zu bearbeiten, so daß er sich an drei Seiten stark nach oben zu verjüngt und nur an der vierten, mit welcher er sich an die Läuferrute lehnt, senkrecht zur Grundfläche bleibt. Die Ringe haben nämlich das Bestreben, infolge der starken Stöße an dem Klotze herunterzugleiten, und werden daher bei einer pyramidalen Form desselben durch das Rammen selbst immer wieder fest aufgetrieben, wenn sie durch das Eintrocknen des Holzes lose geworden sind. Die Ringe müssen stark, namentlich der untere wenigstens 1,5 cm dick und 5 cm breit gemacht werden. Die Ringe stehen nun natürlich auf allen Seiten des Rammklotzes um ihre Stärke vor, und damit sie die Läuferrute nicht beschädigen, wird auf dieser Seite ein glatt gehobeltes eichenes Brett, welches passende Einschnitte für die Ringe hat, an den Klotz genagelt. Alle Nägel ꝛc. fallen nun natürlich fort, und damit der unterste Ring auch wirklich an dem Klotze herabgleiten kann, muß er in seiner Weite so bemessen werden, daß er anfänglich gegen 16—18 cm von der Unterfläche entfernt bleibt. Die Ringe werden des festeren Schließens wegen „handwarm" aufgetrieben.

Fig. 59.



Der in Fig. 59 gezeichnete Rammklotz zeigt die hier beschriebene Anordnung. Derselbe gehört zu der in Fig. 3,

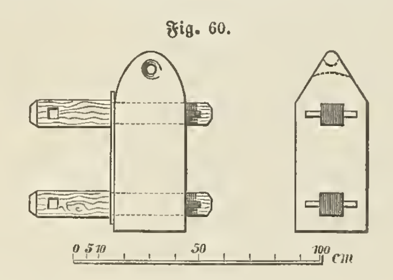
Taf. 66, dargestellten Ramme und hat nur zwei Arme, doch läßt er sich auch leicht so umformen, daß er zu den Rammen Fig. 1 und 2 derselben Tafel gebraucht werden kann.

Die Befestigung der Arme am Rammklotz erfordert ebenfalls Aufmerksamkeit. Es ist ratsam, die Arme mit ihrem ganzen Querschnitte in den Klotz einzulassen und sie durch einen 1,5 cm starken Bolzen zu befestigen, der durch den ganzen Klotz geht, wie dies in Fig. 59 angedeutet ist. Oft sieht man die äußersten Enden der Arme mit eisernen Ringen beschlagen, welche bei den heftigen Stößen lose werden und das Aufspringen der Arme auch nicht verhindern, sondern herabfallen und dadurch den Arbeitern, welche unter der Ramme stehen, gefährlich werden können. Werden an den hinteren Enden der Arme Riegel nötig, wie bei dem Rammklotze Fig. 57, so müssen 5—7 cm im Quadrat große Löcher in die Arme gestemmt werden; die ebenso starken Riegel haben dann auf einer Seite einen vorstehenden Kopf, so daß sie sich nicht durchziehen können und erhalten auf der andern am besten einen gewöhnlichen eisernen Vorsteck-Nagel.

Zur Befestigung des Rammtaues erhält der Klotz eine Öse aus starkem Schmiedeeisen, welche so in der Oberfläche des Klotzes befestigt wird, daß sie in der vertikalen Schwerlinie des Klotzes sich befindet, was das Rammen sehr erleichtert. Die aus 3—4 cm starkem Rundeisen geschmiedete Öse muß im kalten Zustande eingetrieben werden.

Gußeiserne Rammklötze sind im ganzen bei Zugrammen selten, wenigstens da nicht im Gebrauche, wo das Holz nicht zu hoch im Preise steht. Sie zerschlagen die Köpfe der Pfähle leicht, und diese müssen daher bei Anwendung solcher Rammklötze mit eisernen Ringen beschlagen werden. Um die Läuferrute zu schonen, macht man selbst bei eisernen

Fig. 60.



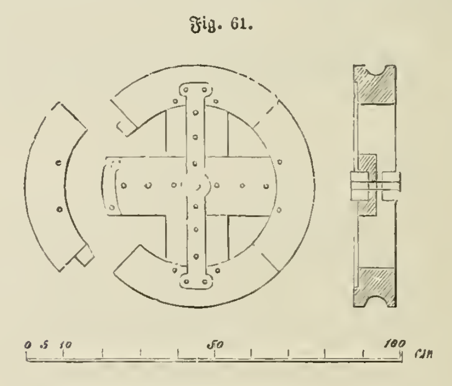
Rammklötzen die Arme gewöhnlich von Holz und versieht die Fläche des Klotzes, welche sich gegen die Läuferrute lehnt, mit einem Holzfutter. Vergl. Fig. 60.

§ 21.

Ein weiterer Teil der Ramme ist die Rammscheibe, diejenige feste Rolle, über welche das Rammtau geht. Dieselbe muß so angebracht werden, daß sie das Tau parallel zur Läuferrute führt, d. h. es muß eine aus dem Schwerpunkte des Rammklotzes parallel zur Läuferrute gezogene Linie die Rammscheibe tangieren. Eine solche Führung des Rammtaues wird besonders dann als nötig erkannt werden, wenn der Klotz, wie beim „Setzen" eines Pfahls, recht hoch gehoben werden muß. Ferner soll sich die Scheibe in einer Vertikalebene befinden, welche die Mitte der Läuferrute schneidet, um die Reibung zu verringern. Auch darf die Scheibe keinen zu kleinen Durchmesser bekommen, weil dadurch die Widerstände, welche aus der Steifigkeit des Taues und aus der Zapfenreibung entstehen, so bedeutend vermehrt werden, daß man z. B. bei einem 600 kg schweren Klotze und 4 cm starken Taue die Kraft zum Aufziehen des Klotzes um 50 kg vermindern kann, wenn man den Durchmesser der Scheibe von 26 auf 72 cm bringt. In England will man sogar die Erfahrung gemacht haben, daß der fünfte Teil der Mannschaft entbehrt werden kann, wenn statt der üblichen Scheiben von 25 cm solche von 1,2 m Durchmesser angewendet werden. Diese Scheiben haben dann aber die verbesserte Konstruktion, daß die Achse sich mit ihren Zapfen in Pfannen dreht, während sonst die Scheibe gewöhnlich um einen, im Rammgerüst befestigten, Bolzen ihre Umdrehung macht.

Die Scheiben bestehen in der Regel aus Weißbuchenholz oder Birkenholz, und zu kleinen Scheiben kann das feste Pockholz verwendet werden. Kleine Scheiben werden aus dem vollen Holze gedreht, größere aus Felgen und Armen radartig zusammengesetzt, wie Fig. 61 zeigt. Die Arme sind

Fig. 61.



überblattet und in die Felgen verzapft; zwei eiserne, in das Holz eingelassene Schienen bilden die Buchsen, mit denen die Scheibe den Bolzen, der ihr als Drehachse dient, umfaßt.

Die Scheibe findet ihre Befestigung in einem Schlitze der Läuferrute, und als Drehachse wirkt ein durch die Läuferrute gesteckter Splintbolzen (s. Fig. 3, Taf. 59).

Die „Rille" für das Tau ist in der Scheibe gewöhnlich nur flach eingeschnitten, und damit das Tau nicht herausspringen kann, versieht man die Läuferrute an beiden Seiten mit breiten Backenstücken, welche dies verhindern.

Gußeiserne Rammscheiben haben außer einer größeren

Festigkeit und Dauer noch den Vorzug, daß sie durch den Gebrauch sehr glatte Rillen bekommen, wodurch das Rammtau geschont wird.

Das Rammtau ist der Abnutzung am meisten ausgesetzt, und aus diesem Grunde wird es stärker als nötig genommen. Ein stärkeres Tau ist aber von größerem Durchmesser und Gewicht und vermehrt den Widerstand, der aus der Steifigkeit des Seiles entspringt. Man muß daher das beste Material zu einem solchen Tau verwenden, um den Durchmesser so klein als möglich zu erhalten. Wenn dies der Fall und die Arbeit eine sorgfältige ist, so genügt eine Stärke von 3—3,5 cm für einen 600 kg schweren Rammklotz. Wird das Tau in einer eisernen Öse an dem Rammklotze befestigt, so muß diese vorher einige Zoll dick mit Hanf bewickelt werden, damit das Tau eine weiche Unterlage bekommt, auch nicht zu scharf gebogen zu werden braucht.

An dem andern Ende des Rammtaues werden die Zugleinen, an denen die Arbeiter ziehen, angesteckt; deren müssen so viele sein als Arbeiter. Die Leinen sind nur etwa 1,5 cm stark, sollen aber ausreichend lang sein, damit sie weit oben an dem Rammtau angesteckt werden können und keinen zu schrägen Zug veranlassen, wodurch ein großer Teil der Zugwirkung verloren ginge. Am besten ist es, die Leinen alle an einem gemeinschaftlichen Taue a (Fig. 62),

Fig. 62.

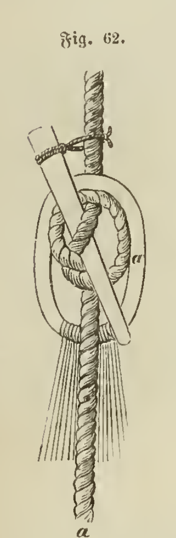
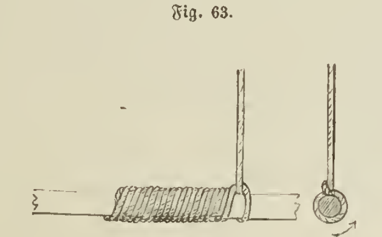


Fig. 63.



dem sogenannten Kranztaue, einzuschlingen und dieses auf die in der Figur angegebene Art an dem Rammtau zu befestigen („anzustecken").

Es kommt darauf an, daß die Enden der Zugleinen, an welchen die Arbeiter mittels Knebeln angreifen, immer in der richtigen Höhe sich befinden, und zwar vor den Augen der Arbeiter, wenn der Rammklotz auf dem Pfahle aufsitzt. Da die Zugleinen aber mit dem tieferen Eindringen des Pfahls sich in Beziehung auf den Standpunkt der Arbeiter verkürzen, so können dieselben auch nur immer für eine kurze Zeit die richtige Länge behalten, und man muß daher im stande sein, die Länge leicht zu verändern, was am einfachsten erreicht wird, wenn man nach Fig. 63 die Leine mehrere Male um den, etwa 4 cm starken und 40 cm langen, hölzernen Knebel schlingt und die letzte Windung verkehrt aufsteckt; dreht man nun den Knebel nach der Richtung des Pfeils, so verlängert sich die Zugleine von selbst.

§ 22.

Die weiter vorn beschriebenen Rammgerüste sind in Deutschland zwar sehr gebräuchlich, aber, wie wir schon erwähnt haben, sehr beschwerlich, und um den Gegenstand nicht über Gebühr auszudehnen, wollen wir von den mancherlei üblichen Rammen nur noch eine beschreiben, welche sich durch ihre Einfachheit auszeichnet und die zugleich den Vorteil gewährt, mit derselben Pfähle in schräger Richtung einschlagen und sie auch als Kunstramme gebrauchen zu können. Hagen, dessen Werke wir hauptsächlich folgen, nennt diese (in Fig. 3, Taf. 59, dargestellte) Ramme die Stützenramme und bemerkt, daß sie hauptsächlich in den Ostseehäfen im Gebrauche sei.

Sie besteht nur aus einer verschwellten Vorderwand und der Stütze A, gegen welche sich erstere lehnt. Zwei Taue, die am oberen Ende der Rute befestigt und unten um eingeschlagene Pfähle geschlungen sind, sichern den Stand der Ramme noch mehr, sollen aber nur nötig sein, wenn die Ramme eine nahezu senkrechte Stellung bekommt. Eine Windevorrichtung ist nicht vorhanden, und statt des sonst üblichen Trietzkopfes ist an dem vorderen Ende der Stütze ein starker Haken angebracht, in welchem der obere Block eines Flaschenzuges hängt, der zum Setzen der Pfähle benutzt wird.

Eine solche Ramme läßt sich sehr leicht zusammensetzen, leicht auf unebenen Boden aufstellen und leicht „verfahren"; zu letzterer Arbeit sind, selbst wenn die Ramme gegen 11—12 m hoch ist, nur 6—8 Mann erforderlich. Sie steht zwar nicht so fest als eine mit vollständiger Verschwellung versehene Ramme, auf welcher außerdem noch die Bedienungsmannschaft steht, doch verhüten ein paar mit Umsicht angebrachte Kopftaue das Umschlagen vollständig. Die Schwelle liegt nur an drei Punkten, da wo die Streben und die Läuferrute auf ihr aufstehen, auf dem Boden, um beim Verfahren der Ramme die Schwelle unten mit Brechstangen fassen zu können.

Diese Ramme gehört zu den sogenannten Scherenrammen, indem die Läuferrute einen Schlitz hat, durch welchen die beiden Arme des Rammklotzes hindurchgreifen und durch einen Riegel gehalten werden. Diesen Schlitz kann man dadurch bilden, daß man aus der stärkeren Läuferrute eine 4—5 cm starke Diele herausschneidet; doch bleibt es immer vorzuziehen, die Rute aus zwei Hölzern zusammenzusetzen. Man kann diese Ramme auch so aufstellen, daß der einzuschlagende Pfahl sich hinter der Schwelle befindet, wozu man den Klotz nur von der andern Seite mit seinen Armen durch die Läuferrute zu stecken braucht.

Mit der an der Ramme Fig. 1, Taf. 59, angebrachten Winde kann man zwar das Setzen der Pfähle sehr sicher vornehmen, doch geht diese Arbeit, weil an der Winde nur wenige Mann Platz haben, sehr langsam, und da es an Arbeitern nie fehlt, so kommt man mit einem Flaschenzuge, bei dem sich mehr Leute anstellen lassen, rascher zum Ziele.

§ 23.

Die Zahl der Arbeiter bei einer Zugramme wird nach dem Gewichte des Rammklotzes bestimmt, und man rechnet dabei 14 bis höchstens 15 kg auf den Mann. Im Durchschnitt wird man dann auf eine Hubhöhe von 1,4—1,5 m rechnen können.

Hat man eine große Anzahl Pfähle, namentlich Grundpfähle, d. h. solche, die ganz im Grunde stecken, einzuschlagen, so bedient man sich mit Vorteil zweier verschiedener Rammen, einer mit einem leichteren, 150 — 200 kg schweren Klotze, die dann mit 12 bis 16 Mann zu besetzen ist, und einer mit einem schwereren Klotze und zahlreicherer Mannschaft. Mit der ersten Ramme wird der Pfahl gesetzt, und erst wenn die Schläge des leichteren Klotzes ohne erhebliche Wirkung bleiben, rückt man mit der ersten Ramme weiter und rammt mit dem schwereren Klotze den Pfahl völlig fest. Die zweite Ramme findet den Pfahl immer schon in bedeutender Tiefe und bedarf daher keiner großen Höhe.

Der Platz, welchen die Arbeiter an den Zugleinen einnehmen, heißt die Rammstube, und diese muß so groß sein, daß sie für jeden Arbeiter 0,4—0,6 qm Raum gewährt. Die Arbeiter dürfen nicht so dicht stehen, daß sie sich gegenseitig hindern, aber doch so nahe zusammen als thunlich, damit der Zug der an der äußeren Peripherie des Haufens Stehenden kein zu schiefer wird.

Die Rammarbeit ist eine so anstrengende, daß die Arbeiter sehr häufig ruhen müssen. Es werden jedesmal 20 bis 25 Schläge rasch hintereinander gemacht, was man eine „Hitze" nennt, und dann tritt eine Pause von 2 bis 3 Minuten ein. Ein zuverlässiger Arbeiter, der bei den übrigen Autorität genießt, leitet die Arbeit durch seinen Zuruf, er führt keine Zugleine, sondern das untere Ende des Rammtaues. Dieses nennen die Arbeiter an manchen Orten das Schwanztau, und daher führt jener Arbeiter den Namen Schwanzmeister.

Ein anderer Arbeiter, am besten ein Zimmermann, leitet das Aufrichten der einzurammenden Pfähle, das „Setzen" derselben, und sorgt für die Einhaltung der richtigen Stellung des Pfahls, indem er denselben fortwährend beobachtet und durch Anbinden mit Stricken oder Abspreizen an der Läuferrute oder anderen durch die Lokalität gebotenen Gegenständen in der gehörigen Richtung zu erhalten sucht, bis der Pfahl so tief eingedrungen ist, daß man ein Verdrehen desselben nicht mehr zu befürchten hat. Dieser Arbeiter führt den Namen Pfahlmeister.

Soll ein Pfahl gesetzt werden, so wird er an das Windetau, welches von dem Trietzkopfe herabhängt, oder an ein Tau, welches an dem unteren Blocke des Flaschenzuges befestigt ist, „angeflohrt", d. h. so befestigt, wie es Fig. 64 zeigt, und in die Höhe gezogen, bis er frei vor der Läuferrute schwebt. Alsdann wird er in die Lage gebracht, in welcher er eingerammt werden soll, und man kommt hierbei leichter und sicherer zum Ziel, wenn man den Pfahl langsam herabläßt, aber durch Drehen im Grunde zu befestigen sucht, als wenn man denselben von einiger Höhe herabfallen („einschießen") läßt, wobei er leicht die Richtung verliert und aufs neue gehoben werden muß.

Fig. 64.



Soll ein Pfahl so tief eingerammt werden, daß der Kopf desselben tiefer zu stehen kommt als die Schwelle der Ramme, und hat man hierzu keine besonders eingerichtete Scherenramme, so muß man sich eines sog. Aufsetzers bedienen. Ein solcher besteht aus einem eichenen Klotze, welcher oberhalb mit einem oder zwei Armen, ähnlich wie der Rammklotz, sich an die Läuferrute lehnt. Unterhalb ist er mit einem etwa 15 cm langen, starken, eisernen Dorn versehen, der in ein in den Kopf des Pfahls vorgebohrtes Loch eingreift. Vorher wird der Pfahl, welcher gewöhnlich „stumpf" geschlagen ist, senkrecht auf seine Achse abgeschnitten, und man muß dafür sorgen, daß das Loch für den Dorn des Aufsetzers genau in der Achse des Pfahls eingebohrt wird. Ohne Not darf man einen solchen Aufsetzer nicht anwenden, denn es wird durch denselben die Wirkung des Rammklotzes bedeutend geschwächt (nach angestellten Versuchen um $^1/_3$).

§ 24.

Bei weitem vorteilhafter als die vorbeschriebene Zugramme ist die „Kunstramme", die sich von der ersteren im wesentlichen dadurch unterscheidet, daß der Bär nicht direkt durch Menschenkraft, sondern mit Hilfe einer Winde gehoben wird, an deren Kurbel die Arbeiter wirken. Bei der Zugramme findet nämlich eine sehr unzweckmäßige Verwendung der Arbeitskraft statt, weil auf eine sehr große Anstrengung der zahlreichen Mannschaft während 40 bis 60 Sekunden stets eine Ruhepause von 2 bis 3 Minuten eintreten muß; auch ist der Fleiß einer größeren Anzahl

dicht gedrängt stehender Arbeiter schwer zu kontrollieren. Rechnet man auf eine Hitze mit Einschluß der Erholungspausen 4 Minuten Zeit, so giebt dies pro Stunde 15 Hitzen und in einem Tage von 10 Arbeitsstunden 150 Hitzen. Rechnet man ferner vom Gewicht des Rammklotzes 15 Kilogramm pro Mann bei 1,5 m Hubhöhe und 20 Hübe in einer Hitze, so findet man das mechanische Moment eines Arbeiters während eines Tages = 150 . 15 . 1,5 . 20 = 67 500 Meterkilogramm.

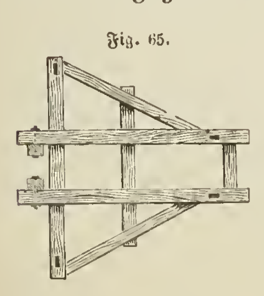
Während hiernach bei einem 600 kg schweren Bär 40 Arbeiter an der Zugramme nötig sind, genügen zum Aufwinden eines Bärs von gleichem Gewicht an der Kunstramme 4 Arbeiter, und ein Schlag der Kunstramme bewirkt bei schwer durchdringbarem Boden oft ein tieferes Eindringen des Pfahles als eine mehrstündige Arbeit an der Zugramme. Ein Vergleich der Betriebskosten beider Ramm-Methoden, der beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg angestellt wurde, ergab: daß eine Zugramme zwar zweimal so schnell arbeitet als die Kunstramme, daß sie aber viermal so teuer ist, als jene, und neunmal soviel Arbeiter erfordert.

Dies Ergebnis fand annähernd auch bei den direkten, von Bauvillier angestellten Versuchen zur Vergleichung der Leistungen der Zugramme und jener der Kunstramme Bestätigung.

Während bei vielen Bodenarten die schnelle Aufeinanderfolge der einzelnen Schläge der Zugramme vorteilhaft für das Eindringen der Pfähle ist, zeigt sich der Vorteil der Kunstramme erst dann am deutlichsten, wenn die Pfähle schon tief eingedrungen sind und der Widerstand gegen weiteres Eindringen ein größerer ist. Man pflegt daher das Setzen des Pfahles und das anfängliche Einstoßen mit der Zugramme und einem leichten Bär zu bewirken und erst hinterher die Kunstramme mit großer Hubhöhe wirken zu lassen.

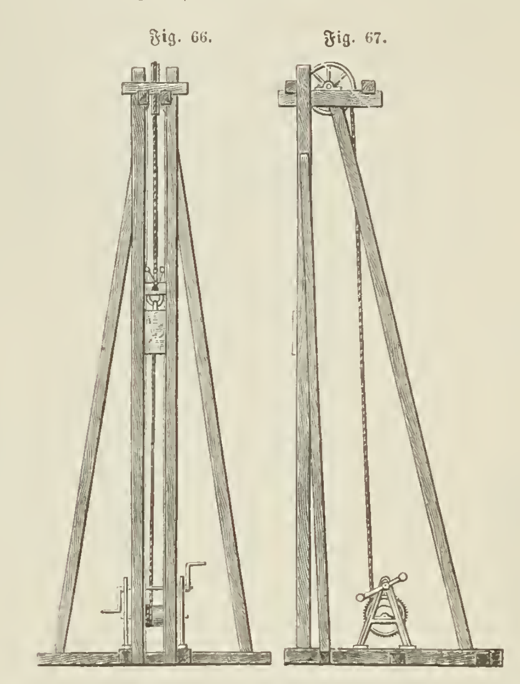
Die Konstruktion des Gerüstes der Kunstramme weicht im wesentlichen nicht von demjenigen ab, welches wir bei der Zugramme kennen lernten, nur muß für solide Befestigung der Winde auf dem Schwellwerk Sorge getragen werden, damit sie im stande ist, den Bär zu heben. Fig. 65 stellt den Grundriß einer in England sehr gebräuchlichen Kunstramme dar, Fig. 66 und 67 zeigt dieselbe in Vorder- und Seitenansicht. — Die Schwellen, die mit Bolzen an ihnen befestigten Läuferruten und die beiden eingezapften Hinterstreben bilden ein festes Trapez, auf dem die Rammscheibe Auflager findet. Auf diesen Schwellen kann nun auch die Winde sicher mittels Bolzen befestigt werden.

Fig. 65.



Der Rammbär der Kunstramme wird stets aus Eisen hergestellt und erhält ein Gewicht bis zu 600 kg; darüber hinaus geht man nicht gern, wenn der Bär noch durch 4 Mann mit einer gut konstruierten Winde gehoben werden soll. Die Fallhöhe des Bären beträgt 6 bis 8 m bei einer Höhe des Rammgerüstes von 8 bis 10 m. Bei der hier

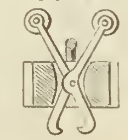
Fig. 66. Fig. 67.



dargestellten Kunstramme bewegt sich der Bär zwischen den Läuferruten, wobei die letzteren unter das Schwellgerüst hinabreichen können, wenn der Pfahlkopf tiefer als diese eingestoßen werden soll. Der gußeiserne Bär ist mit ausgehobelten Nuten versehen, in welche glatt bearbeitete quadratische Eisenschienen, welche an der Innenseite der Ruten befestigt sind, eingreifen. An diesen Schienen findet der Bär eine sichere Führung.

Der wichtigste Teil des Apparates ist der am Rammtau befestigte Haken, welcher den Rammklotz faßt; er muß eine solche Einrichtung erhalten, daß er den Bär sicher faßt, in der bestimmten Höhe ihn losläßt, ihm dann folgt und von neuem faßt. Für die in Fig. 66 bis 67 dargestellte Ramme ist zu diesem Zweck ein zangenförmiger Doppelhaken angebracht. Diese Zange (Fig. 68) trägt an ihren oberen Armen gußeiserne, mit Nuten versehene Rollen und hat ihren Drehpunkt in einem Gußstück, dem sogen. Fallblock, welches den Zweck hat, die Kette wieder herunterzuziehen, wenn der Bär ausgelöst worden ist. Die beiden Haken haben unten abgerundete Flächen, die beim Aufstoßen auf die Öse des Bären zurückweichen und dadurch das Eingreifen der Haken in die Öse gestatten; die inneren Flächen sind Kreisbögen, deren Mittelpunkt in der

Fig. 68.



Drehachse der Haken liegt, damit die Öse des Bären leicht wieder herausgleiten kann, wenn die Zange geöffnet wird.

Befindet sich nun der Bär unten, der Fallblock mit Zange oben und wird das Vorgelege ausgerückt, so fällt der Fallblock hinab, während das Gewicht der Rollen die Zange schließt; sie stößt aber im Fallen auf die Öse des Bären, öffnet sich dabei, nimmt die Öse auf und schließt sich sofort wieder durch das Gewicht der Rollen. Hierauf wird das Vorgelege der Winde wieder eingerückt und der Bär emporgezogen, wobei sich die Rollen an den Führungsschienen der Ruten entlang bewegen. Oberhalb verengen sich aber die Schienen, die Rollen der Zange nähern sich also, die Zange öffnet sich und läßt den Bär fallen. — Beim Ausrücken des Vorgeleges der Winde bewegt sich auch der Fallblock abwärts und wickelt die Kette von der Windetrommel ab.

Die Windetrommel ist mit einer Bremse versehen, durch welche man den Fallblock in jeder Höhe festhalten kann.

Fig. 69.

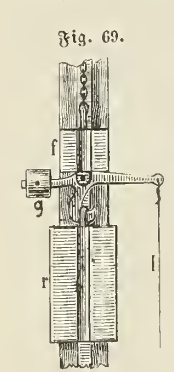


Fig. 69 zeigt eine Vorrichtung, die auch die Auslösung des Bären in jeder beliebigen Höhe gestattet. An dem einen Arm des Hakens ist eine Leine l befestigt, während auf dem anderen Arm ein Gegengewicht sitzt. Der Haken dreht sich dicht unter dem Fallblock f in einem Scharnier, und es ist klar, daß der Haken aus der Öse des Bären herausschnappen muß, sobald an der Leine l gezogen wird.

Da die Taue bei den Kunstrammen einer starken Abnutzung unterworfen sind, ist es zweckmäßiger, Ketten dazu zu verwenden.

§ 25.

Häufig werden die Kunstrammen in neuerer Zeit mittels Dampf betrieben, und zwar entweder durch eine Lokomobile oder eine kleine Dampfmaschine, welche auf das Schwellgerüst gestellt wird. Der Dampf tritt dabei durch scharnierartig bewegliche Rohre vom Dampfkessel zu dem vertikal über dem Pfahle aufgestellten Dampfcylinder, an dessen Kolbenstange der Bär befestigt ist. Die eigentliche Dampframme ist von Nasmyth erfunden und arbeitet mit kleiner Hubhöhe, aber schnell aufeinander folgenden Schlägen. Denn es ist zuweilen vorteilhaft, einen Rammbär von größerem Gewicht auf geringere Höhe zu heben, dafür aber die Anzahl der Schläge zu vergrößern. Diese Erfahrung hat man bei gewissen Bodenarten (z. B im Moorboden) gemacht. Wenn hier die Schläge der Ramme schnell aufeinander folgen, so bleibt der Boden in Schwingung und der Pfahl erhält nicht Ruhe, sich wieder mit der umgebenden Erde fester zu verbinden, während schon nach Verlauf einiger Stunden seine Widerstandsfähigkeit sich bedeutend zu vergrößern pflegt.

Die erste Anwendung der Dampframme geschah bei den Hafenbauten in Devonport im Jahre 1845; 18—20 m lange Pfähle sollen hier in 2—3 Minuten 10—12 m tief eingerammt worden sein. Zum Einrammen von Spundpfählen hat sie sich dagegen gar nicht bewährt, weil das Verstellen der Ramme großen Zeitaufwand verursacht und mindestens $^1/_4$ der Zeit mit den Reparaturen der Maschine verloren geht.

Eine beim Grundbau der Weichselbrücke bei Dirschau angewendete Nasmyth'sche Dampframme ist ausführlich publiziert in Förster's Bauzeitung, Jahrg. 1850, so daß wir uns hier mit einer kurzen Beschreibung derselben begnügen und die näheren Details dem Privatstudium des Lesers überlassen können.[1]) Das Gewicht des Bären, der Kolbenstange und des Kolbens betrug 140 kg, das des Dampfcylinders und des Dampfgehäuses etwa zusammen 2000 kg. Die Ramme machte in der Minute 60—70 Schläge und das Einrammen eines Pfahls wurde durchschnittlich in 10 Minuten mit etwa 600 Schlägen beendet. Die größte Hubhöhe der Maschine betrug 89 cm.

Kunstrammen mit indirekt wirkender Dampfkraft, bei welchen der Bär durch eine kontinuierlich bewegte Kette ohne Ende erfaßt und gehoben wird, um am Ende des Hubes abzufallen, sind von R. Scott und von Sissons und White konstruiert und beim Umbau der Westminster-Brücke mit Erfolg angewendet worden. Eine Dampframme nach dem System Sissons-White mit einigen neueren Verbesserungen vom Ingenieur Reden ist im „Praktischen Maschinen-Ingenieur" 1873, S. 115 dargestellt. In Deutschland beschäftigen sich mit ihrer Fabrikation Menk & Hambrock in Ottensen.

Auch die von dem Amerikaner Mr. Shaw erfundene Pulverramme hat sich in vielen Fällen vorteilhaft bewährt. Als bewegende Kraft des Rammbären wird hier ein starker Druck in dem Mörser oder der Kanone erzeugt, die direkt über dem einzudrückenden Pfahl aufsteht. In diesen Mörser wird die Patrone geworfen, die sich durch den Schlag des herabfallenden Bären entzündet, wodurch der Bär wieder emporgeschleudert wird. Zum Eintreiben wirkt einerseits das Mörsergewicht, andrerseits das Gewicht des Bären und der Rückschlag beim Explodieren. Detaillierte Zeichnungen der von der „American Dredging Company" für die Ausstellung in Philadelphia erbauten Pulverramme findet man in „Engineering" 1876, S. 408, auch in Clasen's „Fundierungsmethoden", S. 49 bis 53.

Nachdem die Pulverramme sich in Amerika gut bewährt hat, wird dieselbe jetzt auch in Deutschland gebaut (von Riedinger in Augsburg). Bei der größeren Sorte haben Bär und Mörser ein Totalgewicht von zusammen 2000 kg;

---

1) Vgl. auch: Clasen, Fundierungsmethoden, S. 44—46.

die kleinere Sorte ist für 6 m Tiefgang des Pfahles bei einem Gewicht des Mörsers von 300 kg und des Bären von 700 kg berechnet. Sie wurde beim Bau der Elbbrücke zu Dresden angewendet, worüber Ingenieur Kuhn[1]) berichtet. Zur Bedienung waren 6—8 Mann und 1 Vorarbeiter zum Dirigieren der Bremse erforderlich, ein zweiter besorgte das Einwerfen der Patronen in den Mörser. Die Ramme wurde auf einem Schiffe postiert, die Detonationen beim Betriebe aber waren so bedeutend, daß für Fuhrwerke in der Nähe Schwierigkeiten entstanden. —

Obwohl die Leistung eine recht erhebliche war (das Einrammen eines Pfahls in festgelagertem Kies auf 2 bis 2,5 m Tiefe erforderte nur 25—30 Minuten Zeit), dürfte sich doch die Pulverramme weniger als die Dampfkunstramme für Fundierungen[2]) empfehlen, da die Anschaffungskosten etwas größer sind als bei der Pulverramme und die Kosten des Einrammens pro Pfahl unter ziemlich gleichen Verhältnissen sich verhielten wie 6,1 : 8,75 Mark.

In der Nähe vorhandener Gebäude dürfen übrigens Dampf-Kunstrammen mit großen Fallhöhen und schwerem Bär auch nicht angewendet werden, weil durch die starken Erschütterungen bei der Arbeit des Einrammens in den Nachbargebäuden Risse entstehen. (Vergl. Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1877, S. 110.)

§ 26.

Arbeitsleistung bei verschiedenen Rammen. Kosten des Rammens.

Die tägliche Leistung eines Arbeiters an der Zugramme wurde oben (§ 24) zu 67 500 mkg berechnet, wobei noch 5 Proz. für Seilwiderstand und Reibung in Abzug zu bringen sind.

Die tägliche Leistung an der Kurbel der Kunstramme beträgt dagegen 150 000—180 000 mkg, von denen etwa 75 bis 80 Proz. als Nutzwirkung auf den Rammbären übertragen werden, also überhaupt 110 000—140 000 mkg.

Bei den durch Dampfkraft betriebenen Kunstrammen ist der Effekt meist nicht so günstig, wegen der entstehenden großen Reibungswiderstände: aber die geringeren Kosten der Dampfkraft machen ihre Anwendung doch vorteilhaft für alle umfangreicheren Arbeiten, weil sich hier die konstanten Kosten für Maschine und Zubehör verteilen. Die Kosten des Rammens setzen sich zusammen aus den Kosten der Arbeitsleistung und denjenigen der Geräte (Maschinen), Gerüste und Zubehör und ihrer Reparatur.

1) Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1875, S. 443.

2) Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1878, S. 27.

a) Bei den durch Menschen betriebenen Kunstrammen rechnet man die Anschaffungskosten pro Stück zu 8—900 Mark, bei Zugrammen zu 5—700 Mark. Das Anlagekapital und dessen Verzinsung ist also gering.

b) Über die Anschaffungskosten verschiedener Arten von Dampframmen und deren Leistung bei den Hellingsbauten für den Kriegshafen in der Kieler Bucht verweisen wir auf die Tabelle von Franzius in der Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1876, S. 69. Es betrugen die Anschaffungskosten:

1)	der Rasmyth'schen Ramme . .	25000 Mk.
2)	„ Schwartzkopf'schen Dampfzugramme	14000 „
3)	„ Dampframme von Sissons und White (mit Kette ohne Ende)	6000 „
4)	„ Dampf-Kunstramme Nr. 1 . .	4000 „
5)	„ Dampf-Kunstramme Nr. 2 . .	3000 „

Die Reparaturen bei den Zugrammen beruhen hauptsächlich auf dem schnellen Verbrauch der Taue und Zugleinen. Nach Köpke[1]) stellten sich die Kosten des Tauwerks beim Bau der steuerfreien Niederlage in Harburg pro Meter Rammtiefe auf 12 Pf.

Bei den Kunstrammen kommen solche Kosten nicht vor, aber der Verbrauch an eisernen Ringen für die Pfahlköpfe, welche wegen des harten Schlages des Bären leicht springen, ist größer als bei Anwendung von Zugrammen. Die Kosten betrugen bei dem eben genannten Bau pro Meter Rammtiefe fast 20 Pf.

Als Anhaltspunkt für die Vergleichung sei endlich bemerkt, daß bei einem und demselben Bau[2]) die Arbeitsleistung pro Meter eingerammten Rostpfahl

für die Handzugramme	7,00 Mk.
„ „ Kunstramme mit Menschenbetrieb	2,75 „
„ „ „ „ Dampfbetrieb rot.	1,00 „

betrug, doch sind in der letztgenannten Zahl die Kosten des Vor- und Unterhaltens der Ramme nicht inbegriffen. Die gewöhnliche Zugramme arbeitet also sehr unökonomisch und sollte daher nur zum Einrammen leichter Hölzer verwendet werden.

Wo die Anwendung der Dampfkraft aus örtlichen Gründen oder sonstwie ausgeschlossen ist, empfiehlt sich daher in den meisten Fällen die Kunstramme mit Menschenbetrieb. Die Dampframme arbeitet schnell und vorteilhaft, wenn der Umfang der Arbeiten groß genug ist, um die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals zu rechtfertigen.

1) Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1860, S. 292.

2) Bau der Elbbrücke bei Pirna.

§ 27.

Von den Holzpfählen.

Obwohl die Konstruktion der Roste und Spundwände im vierten und fünften Kapitel des zweiten Teils der Allgemeinen Bau-Konstruktionslehre besprochen worden ist, müssen wir hier doch auf einen wichtigen Teil derselben, die Pfähle, ausführlicher eingehen. Die unter der Ramme einzutreibenden Pfähle werden als Spitz- und Spundpfähle unterschieden. Erstere sind stets mit einer Spitze versehen, letztere haben gewöhnlich eine Zuschärfung in Form der Schneide und, als charakteristisches Merkmal, die Spundung. Unter den Spitzpfählen unterscheidet man wieder Lang- und Grundpfähle, je nachdem sie nur zum Teil oder auf ihre ganze Länge eingetrieben werden. Zu den letzteren oder Grundpfählen gehören gewöhnlich die Rostpfähle, obgleich sie auch, aber nur unter Wasser, als Langpfähle vorkommen können.

Was das Material anbelangt, so haben wir hier zunächst nur das Holz im Auge, obgleich auch eiserne Pfähle angewendet werden.[1]) Da es eine Hauptbedingung ist, daß der einzurammende Stamm einen recht geraden Wuchs hat, so sind es vorzüglich die Nadelhölzer, welche zu Grundpfählen benutzt werden, und von diesen besonders wieder das Kiefernholz, weil dasselbe, seines reichen Harzgehalts wegen, der abwechselnden Nässe und Trockenheit am besten widersteht. Auch Eichen-, Buchen- und Ellernholz wird zu Pfählen verwendet, die letztgenannten Arten namentlich in England. Man kann übrigens fast alle Hölzer zu Pfählen gebrauchen, mit alleiniger Ausnahme der ganz weichen Hölzer, wie Pappeln und Weiden ꝛc.

Was die Stärke der Rostpfähle betrifft, so ist diese allerdings von ihrer Länge abhängig, doch kommen auch noch andere Umstände in Betracht, welche auf die Stärke von Einfluß sind, so die Beschaffenheit des Grundes, der Umstand, ob sie Grund- oder Langpfähle sind, ob sie in letzterem Falle stark strömendem Wasser ausgesetzt sind, ob sie einen schiefen Druck zu ertragen haben u. dgl. m., worauf wir hier nicht näher eingehen. Im allgemeinen dürften Pfähle von 22—25 cm Durchmesser, wie sie in England und Frankreich ganz allgemein angewendet werden, hinreichen, auch die größten Lasten sicher zu unterstützen. Nach Perronet's Regel sollen 5—6 m lange Pfähle eine mittlere Stärke von 26 mm erhalten, und auf jede Zunahme der Länge um 2 m eine Stärkezulage von 50 mm; doch bemerkt er dabei, daß bei langen Pfählen, welche zum größten Teile im Grunde steckten, auch eine Stärkezunahme von 25 mm auf jede 2 m größere Länge genügen werde.

1) In neuester Zeit sind derartige Konstruktionen wenig angewandt, weil Gründungen auf pneumatischem Wege und Fundierungen „auf Brunnen“ größere Vorteile bieten.

Die Pfähle müssen vor dem Einrammen von der Rinde befreit werden; das Abhauen des Splintes ist nicht nötig, denn wenn dieser auch wenig Dauer gewährt, so giebt er doch einen schützenden Mantel für das Kernholz ab.

Sehr wichtig ist die Bestimmung der Länge der Rostpfähle, und besonders schwierig wird diese, wenn die Pfähle den festen Baugrund nicht erreichen, sondern nur durch die Widerstände, welche sie an ihrer runden Oberfläche in dem umgebenden Erdreich finden, die Last tragen sollen. Ist ein fester Untergrund zu erreichen, so läßt sich durch eine sorgfältige Untersuchung mittels Erdbohrer oder Visitiereisen die notwendige Länge der Pfähle hinreichend genau ermitteln, wenn man die Untersuchungen auf mehrere Stellen des Bauplatzes ausdehnt. Tritt aber der zuerst erwähnte Fall ein, so dürfte nichts anderes übrig bleiben, als mehrere Pfähle zur Probe einzurammen und aus der notwendigen Länge dieser auf die der übrigen zu schließen; daß man hierbei die Probepfähle natürlich gleich an solchen Stellen einschlagen wird, an denen man sie später stehen lassen und benutzen kann, versteht sich von selbst. Man schlage indessen lieber einige Probepfähle mehr und an den verschiedensten Orten des Bauplatzes ein, um ein möglichst genaues Resultat in Beziehung auf die Länge zu erhalten. Denn wählt man diese zu groß, so wird der Preis ein höherer und das Setzen derselben beschwerlicher. Wählt man dagegen die Länge zu gering, so muß man die Pfähle „pfropfen“, wodurch aber, wie bei der Konstruktion der Roste[1]) bemerkt wurde, keine große Sicherheit erlangt wird. Zuweilen kann man sich dadurch helfen, daß man die Pfähle näher aneinander stellt und so bei einer gleichmäßig verteilten Belastung die auf den einzelnen Pfahl treffende verringert. Immer bleiben aber zu kurze Pfähle ein Übelstand, und man wird daher gut thun, dieselben lieber etwas zu lang als zu kurz zu wählen.

Die häufig erörterte Frage, ob man die Pfähle mit dem Stamm- oder Wipfelende nach unten einrammen soll, wird sich nach Perronet dahin beantworten lassen, daß man an die Stelle des Pfahls, welche den meisten Angriffen ausgesetzt ist, den größten Querschnitt desselben bringt. Diese Stelle befindet sich bei Langpfählen da, wo sie den Grund verlassen. Rostpfähle wird man immer mit dem Wipfel nach unten einrammen, besonders dann, wenn sie den festen Grund nicht erreichen und nur vermöge der Reibung an ihrer Oberfläche tragen sollen.

Die Vorsichtsmaßregeln, welche man bei dem Anschneiden der Spitze an die Pfähle zu beobachten hat, sowie die Frage der Zweckmäßigkeit und Gestalt der eisernen Schuhe sind bereits im zweiten Teile der Allgem. Bau-Konstruktionslehre abgehandelt, so daß wir hier nur noch Einiges über die Tragfähigkeit der Pfähle anführen wollen.

1) Vergl. auch Allgem. Bau-Konstruktionslehre, II. Teil, S. 83.

§ 28.

Tragfähigkeit der Pfähle.

Daß Pfähle unter ihrer Belastung zerdrückt werden, ist nicht leicht zu besorgen; weit eher ist die Gefahr vorhanden, daß sie seitwärts ausweichen oder tiefer eingedrückt werden, besonders dann, wenn sie keinen festen Untergrund erreicht haben. Der lose Grund, welcher in diesem Falle die Pfähle trägt und umgiebt, läßt sie sehr oft schon bei dem Einrammen zu keinem absolut festen Stande kommen, aber man wird solchen Pfählen immerhin eine gewisse Last zu tragen geben können, wenn sie unter einer größeren Belastung auch tiefer eingetrieben werden könnten.

Will man also bei einer Gründung auf Rost die nötige Sicherheit erreichen und durch zu langes Rammen nicht unnötige Kosten verursachen, so kommt es nur darauf an, die Pfähle so weit „zum Stehen zu bringen", daß sie dem sie treffenden Druck mit Sicherheit widerstehen können. Man pflegt nun aus dem leichteren oder schwereren Eindringen des Pfahls unter den letzten Hitzen des Rammens auf ihre Tragfähigkeit zu schließen, indem man annimmt, daß von zwei unter ganz gleichen Umständen und in denselben Boden eingerammten Pfählen derjenige die größere Last tragen wird, welcher unter den letzten Hitzen derselben Ramme am wenigsten „gezogen hat". Stoß und Druck sind aber in ihren Wirkungen auf einen eingerammten Pfahl zu verschieden, als daß sie eine Vergleichung zuließen, wenn sie auch zuweilen gleiche Wirkungen hervorbringen.

Die Beziehungen, welche zwischen der Tragfähigkeit und dem Maße des Eindringens der Rost-Pfähle unter den letzten Schlägen des Rammbären stattfinden, lassen sich theoretisch aus der Lehre vom Stoß fester Körper ableiten. Auf diese näher einzugehen ist hier nicht der Ort, es wird vielmehr genügen, die Resultate der Entwickelung mitzuteilen. Bezeichnet P das Gewicht des Bären, Q das des Pfahls, h die Fallhöhe des Rammbären, e das Maß, um welches der Pfahl unter dem letzten Schlage eingedrungen ist, dann ist die Last L, welche der Pfahl tragen kann:

$$L = \frac{h \cdot P^2 \cdot Q}{e(P + Q)^2}.$$

Da aber der volle Stoß des Bären beim Eindringen des Pfahles in die Erde nie zur Wirkung kommt (am meisten noch im Sandboden, bei den elastischen Bodenarten nur teilweise), so pflegt man den Pfahl nie so stark zu belasten, sondern rechnet die zulässige Belastung e gleich $^1/_4$ der theoretischen, so daß

$$L = {}^1/_4 \cdot \frac{h \cdot P^2 \cdot Q}{e(P + Q)^2} \text{ und daraus } e = {}^1/_4 \cdot \frac{h \cdot P^2 Q}{L(P+Q)^2}.$$

Die in der Praxis üblichen Regeln bezwecken oft noch größere Sicherheit. So stellt Perronet die Regel auf, daß 19—20 cm starke Rundpfähle nur mit 25000 kg und solche von 28 cm Stärke mit nicht mehr als 50000 kg zu belasten seien. — In Bezug auf das Eindringen beim Rammen giebt Perronet die Regel an: daß ein Rostpfahl nur dann als feststehend anzusehen sei, wenn derselbe während mehrerer Hitzen von 25—30 Schlägen mit einem 300 bis 350 kg schweren Bär und 1,25 m Hubhöhe nur 1 bis 2 Linien (2—4 mm) tief eindringt. Bei weniger belasteten Langpfählen soll man sich mit 6—12 Linien (12—25 mm) begnügen können.

Anm. Das Maß des Eindringens der Pfähle, welches sich aus dieser Perronet'schen Regel ergiebt, ist nur $^1/_4$ bis $^1/_5$ des Wertes, der sich aus obiger Formel für e berechnen läßt, d. h. $^1/_{16}$ bis $^1/_{20}$ des theoretischen.

Nach Perronet sind bei der Brücke über die Seine bei Neuilly die, 0,32 m im Durchmesser starken, Pfähle jeder mit 52850 kg, die der Brücke zu Orleans mit 52450 kg belastet worden. Sie wurden so lange gerammt, bis sie unter einem 500 kg schweren Rammklotze, während 16 aufeinander folgenden Hitzen von 30 Schlägen, nur noch 4,5 mm in der Hitze zogen. Bei der Brücke zu Orleans wurden die äußeren Pfähle jedes Pfeilers als feststehend angesehen, wenn sie bei einer Hitze von 25 Schlägen mit dem 450 kg schweren Klotze noch 3,4 mm zogen, und die mittleren Pfähle durften sogar noch 6,75 mm ziehen. Der siebente Pfeiler dieser Brücke senkte sich aber um 0,48 m.

Nach Sganzin haben die Erfahrungen bei größeren und bedeutenden Bauten gezeigt, daß ein Pfahl als gehörig feststehend zu betrachten und eine dauernde Belastung von 25000 kg zu tragen im stande ist, wenn er bei der Anwendung einer Kunstramme in der Hitze von 10 Schlägen mit einem 600 kg schweren Bär, welcher 3,6 m hoch herabfällt, nur noch 1 cm tief eindringt; oder — bei Anwendung der Zugramme — ebenso tief in einer Hitze von 30 Schlägen mit demselben Rammklotze und einer Fallhöhe desselben von 1,2 m.

In Holland, wo der weiche Grund es sehr selten erlaubt, die Pfähle so weit einzurammen, daß sie unter den letzten Hitzen nur noch wenige Linien ziehen sollten, belastet man dieselben noch weit geringer, etwa nur mit 10000 kg, ja mitunter nur mit 5500 kg.

Beim Bau der Junction Docke in Hull, wo einzelne Pfähle bis zu 27000 kg belastet sind, rammte man dieselben so lange, bis sie unter 80 Schlägen von 1,83 m Höhe mit einem 590 kg schweren Rammklotze nicht tiefer als 38 cm eindrangen.

Man sieht, daß die Annahmen über die Tragfähigkeit der Pfähle und die hin und wieder gemachten Erfahrungen sehr voneinander abweichen, und daß es daher nicht wohl thunlich ist, allgemein gültige Regeln in dieser Beziehung aufzustellen, sondern daß man mit der größten Aufmerksamkeit alle Umstände erwägen und die verschiedenen Erscheinungen

bei der Rammarbeit sorgfältig notieren muß, um mit einiger Wahrscheinlichkeit das Richtige zu treffen. Ganz besondere Vorsicht erfordert immer der Thonboden, weil sich in diesem die durch die eingerammten Pfähle hervorgebrachte Spannung später ausgleicht. Überhaupt gewährt die Führung eines genauen Rammregisters vielfachen Nutzen; es giebt dem ausführenden Architekten die Mittel an die Hand, sein Verfahren nötigenfalls rechtfertigen zu können, und schärft im allgemeinen die Aufmerksamkeit, wodurch manchen unangenehmen Folgen vorgebeugt werden kann, wenn sich die erzeugenden Ursachen schon während des Baues zu erkennen geben und in ihrer wahren Größe gemessen werden können.

Bei wichtigen Rammarbeiten, namentlich für Pfahlroste, ist es üblich, einen „Pfahlriß" anzufertigen, aus welchem die Stellung der einzelnen Pfähle und die Nummer zu ersehen ist, welche sie im Rammregister erhalten. Ein solches Register erhält folgende Rubriken: 1) das Datum des Einrammens; 2) Zahl der Arbeiter an der Ramme; 3) die Nummer des Pfahles im Pfahlriß; 4) die ganze Länge desselben; 5) die Länge im Boden; 6) die mittleren Pfahldurchmesser; 7) das Gewicht des Bären; 8) die Fallhöhe des Bären; 9) das Maß des Eindringens während der letzten Hitzen oder Schläge.

§ 29.

Ausziehen und Abschneiden der Pfähle unter Wasser.

Wenn Pfähle schief oder unrichtig eingeschlagen worden sind und wieder entfernt werden sollen, so dienen dazu, wenn einfache Mittel nicht ausreichen: der Wuchtebaum, Winde-Vorrichtungen, Schrauben-Vorrichtungen und der hydrostatische Druck.

Um die Wirkung des Wuchtebaums zu verstärken, werden Lasten an dessen längerem Hebelsarm angehängt, auch läßt man Arbeiter dieses Ende mit angebundenen Leinen abwärts ziehen (wuchten). Als Windevorrichtung wird die gewöhnliche Wagenwinde und die Haspelwinde gebraucht, auch in Verbindung mit Rollen oder Flaschenzügen, welche an einem, über dem Pfahl aufgestellten Bock befestigt werden.

Hölzerne oder eiserne Schrauben werden fast stets paarweise angewendet (2 Stück bilden einen „Satz") und gleichzeitig gedreht, sie erhalten dann einen gemeinsamen Spurbalken.

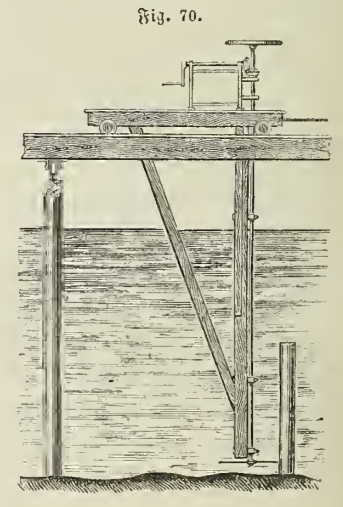
Bei Pfählen, die im tiefen Wasser stehen, benutzt man wohl auch Schiffe, die zunächst durch Belastung beschwert, also eingetaucht, dann mit dem Pfahl fest verbunden und hierauf entlastet werden. Der in solcher Art auf den Pfahl wirkende starke Zug, in Verbindung mit einer, durch das Bedienungspersonal erzeugten, wiegenden Bewegung des Schiffes, genügt häufig zum Ausziehen des Pfahles.

Zum Abschneiden der Pfähle an solchen Orten, wo eine Trockenlegung der Baugrube nicht zulässig ist, also unter Wasser, bedient man sich der Grundsäge, besonders da, wo eine größere Anzahl von Pfählen in gleicher Höhe zu kappen ist, wie bei Grundpfählen, Spundwänden und anderen Konstruktionen. Sie ist entweder

a) eine gerade Säge mit horizontal geführtem Sägeblatt, und das Säge-Gatter wird durch das Anziehen von Seilen bewirkt oder es wird das Sägeblatt in einem dreieckigen Rahmen pendelartig aufgehängt (Pendelsäge);

b) eine Bogensäge, d. h. sie erhält ein segmentförmiges Sägeblatt ebenfalls mit horizontaler Führung;

Fig. 70.



c) auch Kreissägen wendet man zum Abschneiden der Pfähle an; sie können mittels Handkurbel und konischen Rädern von einer horizontalen Welle aus durch zwei Arbeiter in Bewegung gesetzt werden. Fig. 70 zeigt diese Anordnung. Der Wagen, auf dem die Vorrichtung ruht, wird durch ein Seil, welches um die Trommel einer Winde gelegt sein kann, regelmäßig angezogen. Durch entsprechende Einrichtung der Apparate b und c ist es möglich, Pfähle bis zu 6 m Wassertiefe abzuschneiden.

§ 30.

Beton- und Mörtel-Materialien.

Wir haben bereits in § 4 dieses Abschnittes der Gründung auf Beton gedacht, einer Gründungsmethode, welche hauptsächlich bei Wasserbauten in Anwendung kommt, und zwar da, wo es schwierig erscheint, eine wasserfreie Baugrube herzustellen. In neuerer Zeit findet sie auch bei Hochbauten vielfach Anwendung.

Unter „Beton" (Konkret, Gußmauerwerk) versteht man ein unter Wasser erhärtendes Gemenge aus Mörtel und Steinstücken. Schon im Altertum finden sich Spuren dieser Gründungsweise, und Vitruv und Plinius sprechen davon unter dem Namen Signinum opus. Nach Vitruv wurden 5 Teile reinen Sandes mit 2 Teilen Kalk gemengt und zu diesem Gemenge noch Steinstücke hinzugefügt, deren Gewicht das eines Pfundes nicht überschritt. Plinius schreibt vor, daß der Mörtel aus 5 Teilen feinen Sandes und Kieses und 2 Teilen des besten Kalkes bestehen solle, zu welchem dann 9 Teile Steine zu mengen seien, die wiederum das Gewicht eines Pfundes nicht überschreiten sollen.

Dieses Gußmauerwerk wurde besonders zur Darstellung der Cisternen und zum Bau der römischen Heerstraßen verwendet.

Die Gründung auf Beton erfordert immer nur geringe konstruktive Anordnungen, dagegen die Auswahl geeigneter Materialien und zweckmäßiger Vorrichtungen zum Bereiten und Versenken des Betons. Diese, in neuerer Zeit vielfach angewendete Fundierungsmethode ist für die Praxis von so hervorragender Bedeutung, daß sie eine eingehendere Besprechung erheischt.

Bei Bereitung des Betons kommt es in erster Linie auf die Beschaffung eines geeigneten Mörtels an; wir haben daher die Materialien, aus denen dieser bereitet wird, vorerst zu behandeln. Derselbe soll hydraulisch sein, d. h. die Eigenschaft haben, im Wasser zu erhärten, im Gegensatz zum Luftmörtel, der zu seiner Erhärtung den Hinzutritt von Luft erfordert.

Luftmörtel ist nun eine Mischung von Kalkhydrat mit einem Zusatz von Sand; die Verbindung beider ist rein mechanisch und die Erhärtung des Gemenges erfolgt durch Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft. Beim hydraulischen Mörtel ist der Prozeß dagegen ein rein chemischer, und es ist dazu das Vorhandensein von Kieselerde, welche dem Kalk natürlich oder künstlich beigemischt ist, erforderlich. Unter Zutritt des Wassers bildet sich dann ein Kalkerde-Silikat, und der Prozeß wird erleichtert, wenn die Kieselerde in Verbindung mit anderen Mineralkörpern vorkommt. Dies ist der Fall beim Thon, der die Kieselerde chemisch und mechanisch gebunden enthält und durch Brennen zu einem bindefähigen Körper wird. Weitere Beimischungen, welche Einfluß auf die Bildung des Wassermörtels ausüben, sind Eisen- und Manganoxyd, Bittererde. Zuweilen kommen diese Stoffe in der Natur im richtigen Verhältnisse gemischt vor, sie bilden dann gebrannt und gelöscht den natürlichen hydraulischen Kalk[1]), oder es wird eine künstliche Mischung vor dem Brennen vorgenommen, wobei künstlicher hydraulischer Kalk (Cement) als Produkt entsteht.

Der in der Natur vorkommende kohlensaure Kalk ist nun entweder reiner Kalkstein (wie der Marmor und die meisten dichten Kalksteine), oder es kommen darin mannigfache Verunreinigungen an Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Eisen- und Mangan-Oxyd vor, welche bis 50 Proz. der Masse betragen können. Kalksteine, in denen diese Nebenbestandteile nicht mehr als 8 Proz. ausmachen, ergeben beim Brennen den sogenannten fetten Kalk, der durch das Löschen sein Volum erheblich vermehrt und einen starken Sandzusatz verträgt. Dagegen liefern die Kalkgesteine mit einer größeren Menge von Nebenbestandteilen einen mageren Kalk, der nicht, wie der fette, in Gruben, sondern durch Besprengen mit Wasser gelöscht wird, wobei er zu Pulver zerfällt. Diese Kalke vergrößern ihr Volum nicht beim Löschen, sie „gedeihen“ nicht, sind durch Thon- und Bittererde dunkler gefärbt und vertragen keinen so starken Sandzusatz, wie der fette Kalk.

Die hydraulischen Eigenschaften eines Kalkes werden nun vorzugsweise durch das Vorherrschen der Thonerde bedingt. 10 Proz. Thon und Bittererde geben einen etwas hydraulischen Mörtel; sind 20—30 Proz. beigemischt, so löscht er sich noch gut und ist als Wasserkalk meist noch zu brauchen, ohne daß man nötig hat, ihn künstlich zu pulverisieren. Zu Mörtel verarbeitet, verträgt er einen starken Sandzusatz.

Beträgt der Thonerde-Gehalt einschließlich der chemisch gebundenen Kieselerde 30—40 Proz., so muß er in der Regel schon künstlich zu Pulver zerkleinert, d. h. gemahlen werden. Steigt endlich der Thonerde-Gehalt über 50 Proz., so bedarf ein solcher magerer Kalk zur Bildung von Mörtel sogar einer Beimischung von fettem Kalk.

§ 31.

Roman-Cement. Portland-Cement.

Hydraulische Kalke giebt es an verschiedenen Orten, von besonderer Güte ist aber der in § 30 erwähnte, aus England bezogene und in Norddeutschland vielfach angewendete Roman-Cement, in Frankreich „Ciment naturel“ oder „Ciment Romain“. Er wird aus Lesesteinen (Mergelnieren), welche in der Nähe der Insel Sheppey und an der Themsemündung im sogenannten London clay gefunden werden, gebrannt. Nach dem Brennen wird er gemahlen und kommt als ein braunes, sehr sorgfältig in Tonnen gepacktes Pulver in den Handel. Er muß vor der Berührung mit der Luft geschützt werden, wenn er nichts von seiner Bindekraft verlieren soll. Man kann ihn ohne allen Sandzusatz verwenden, doch will man die Bemerkung gemacht haben, daß der Cement rascher erhärtet, wenn man ihm etwas reinen scharfen Sand zusetzt. Es scheint, als ob ein Zusatz von mehr als der Hälfte Sand die Güte des Mörtels nicht beeinträchtige. Den Mörtel aus diesem Cement darf man nur unmittelbar vor seiner Verwendung bereiten, denn er erhärtet noch weit rascher als der aus Traß bereitete. Ein guter Roman-Cement-Mörtel ist nicht nur undurchdringlich für das Wasser, sondern er hält sich ebenso gut an der Luft, wo er abwechselnd naß wird und den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist; eine Probe, die der Traßmörtel nicht besteht. In Hamburg werden häufig ganze Häuserfassaden mit Roman-Cement geputzt und gewähren dann bei guter Ausführung eine große Dauer.

1) Die von dem Engländer Parker 1796 im London-Clay entdeckten und zu Roman-Cement verarbeiteten Kalksteinnieren gehören beispielsweise zu den natürlichen, hydraulischer Kalken.

Das von **Parker** eingeschlagene Verfahren der Cementbereitung durch Zerkleinern, Brennen und nachheriges Pulverisieren des natürlichen Kalksteins hat bekanntlich eine große Nachahmung gefunden, indem hierfür geeignete Kalksteine auch an anderen Orten vorkommen. So fand **Lesage**, 6 Jahre nach **Parker's** Entdeckung, in Frankreich in den Geröllen am Strande von Boulogne ein Material, welches dem Sheppeystone in der Zusammensetzung ähnlich war und einen vortrefflichen Roman-Cement lieferte. — Bekannt sind auch der Roman-Cement von Pilsberge bei Osnabrück, von **Kufstein** in Tirol u. a. m.

Die Kalkstein-Arten, welche den Roman-Cement liefern, sind jedoch nicht so allgemein verbreitet, wie Thon und kohlensaurer Kalk, worin jene Bestandteile getrennt vorkommen; es lag daher nahe, daß man Versuche anstellte, durch künstliche Mischung beider Materialien einen Cement herzustellen, der dem Roman-Cement an Güte gleichkäme. Solche Versuche unternahmen **Vicat** 1818, **Chambers** 1821, **Frost** 1822, doch ohne sonderliche Erfolge.

Im Jahre 1824 ließ sich **John Aspdin** in Leeds ein Patent auf einen Cement geben, den er durch Brennen einer Mischung aus gelöschtem Kalk und Thon gewann. Er hatte im Aussehen und in der Härte einige Ähnlichkeit mit dem in London als Baustein gebräuchlichen Portlandstein und erhielt daher von dem Erfinder den Namen **Portland-Cement**, der seitdem für die **künstlich** hergestellten Cemente allgemein angenommen ist; in Frankreich heißt er „Ciment Portland". Es verging jedoch noch längere Zeit und gehörten mancherlei Erfahrungen dazu, ehe es gelang, einen so vorzüglichen Cement zu erzeugen, wie er jetzt von den renommierten Fabriken geliefert wird.

Bei der Fabrikation werden die Rohmaterialien, kohlensaurer Kalk und kieselsaurer Thon, meist im Verhältnis von 70 : 30 (im trocknen Zustande) gemahlen und geschlämmt und durch nochmaliges Schlämmen oder durch mechanische Mittel innig gemischt. (Zur Sicherstellung des Verhältnisses zwischen Thon und Kalk ist eine chemische Analyse unerläßlich.) Aus der Schlämme fließt der Roh-Cement in die Ablagerungs-Bassins, wo er so lange steht, bis das Wasser verdunstet; nun wird die teigartige Masse ziegelförmig herausgestochen, getrocknet und dann in Brennöfen gebrannt. Die Hitze muß so groß sein, daß die kieselsaure Thonerde aufgeschlossen und die Kohlensäure des Kalkes vollständig ausgetrieben wird. — Alkaliarmen Rohmaterialien muß noch ein Flußmittel (zur Beförderung des Zusammensinterns) zugesetzt werden.

Das gar gebrannte Material kommt zunächst auf die Zerkleinerungsmaschine (Hartgußwalzen) und dann auf die Mahlgänge, wo es so fein als möglich gemahlen und zum Schluß gesiebt wird.

Das fertige Fabrikat ist ein scharfes, krystallinisches Pulver von grünlichgrauer Farbe; sein schnelles oder langsameres Binden hängt von der Zusammensetzung und dem Grade des Brennens ab. Im allgemeinen gelten die langsam bindenden Cemente für geeigneter zur Herstellung eines festen Mörtels, als die schnell bindenden.

Lose gemessen wiegt ein Hektoliter Portland-Cement 120 kg; bei der Verpackung in Tonnen wird die Masse im Verhältnis von 5 : 4 verdichtet.

Für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement sind im Jahre 1877 auch für Deutschland gültige „**Normen**" aufgestellt worden. Wir geben untenstehend die mittels Erlaß vom 10. November 1878 vom Königl. Preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten aufgestellten Normen.[1])

---

1) **Normen** für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement, aufgestellt von dem königl. preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittels Erlaß vom 10. November 1878.

I. Das Gewicht der Tonnen und Säcke, in welchen Portland-Cement in den Handel gebracht wird, soll ein einheitliches sein; e sollen nur Normal-Tonnen von 180 kg brutto und 170 kg netto, halbe Tonnen von 90 kg brutto und 83 kg netto, sowie Säcke von 60 kg Brutto-Gewicht von den Fabriken gepackt werden.

Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 Proz. nicht beanstandet werden.

Die Tonnen und Säcke sollen die Firma der betreffenden Fabrik und die Bezeichnung des Brutto-Gewichts mit deutlicher Schrift tragen.

II. Je nach der Art der Verwendung ist Portland-Cement langsam oder rasch bindend zu verlangen.

Für die meisten Zwecke kann langsam bindender Cement angewandt werden, und es ist diesem dann wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung und wegen seiner höheren Bindekraft immer der Vorzug zu geben.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche in einer halben Stunde oder in längerer Zeit erst abbinden.

III. Portland-Cement soll **volumbeständig** sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegossener Kuchen von reinem Cement unter Wasser gelegt auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder keine Kantenrisse zeigen darf.

IV. Portland-Cement soll so fein gemahlen sein, daß eine Probe desselben auf einem Siebe von 900 Maschen pro qcm höchstens 20 Proz. Rückstand hinterläßt.

V. Die Bindekraft von Portland-Cement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Daneben empfiehlt es sich, zur Kontrolle der gleichmäßigen Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen, auch die Festigkeit des **reinen** Cements festzustellen. Die Prüfung soll auf **Zugfestigkeit** nach einheitlicher Methode geschehen und mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Zerreißungs-Apparaten. Die Zerreißungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm Querschnitt der Bruchfläche vorzunehmen.

VI. Guter, **langsam** bindender Portland-Cement soll bei der Probe mit 3 Gewichtsteilen Normal-Sand auf 1 Gewichtsteil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27 Tage

Portland-Cement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockner, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft.

Die Bindekraft soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt und mit richtig konstruierten Zerreißungs-Apparaten vorgenommen werden. Sehr umfangreiche Versuche über die Festigkeit der Cemente hat Dr. Michaelis in Berlin angestellt (siehe dessen Broschüre „Zur Beurteilung des Cementes". Berlin 1876). Die größte Zugfestigkeit, die er beim besten Cement ohne Sandzusatz beobachtete, betrug ca. 100 kg pro qcm Querschnitt nach einem Jahr Erhärtung unter Wasser, und man darf jeden Cement, der in diesem Alter 70 kg pro qcm trägt, als vorzüglich bezeichnen.

Beim Mörtel aus Portland-Cement und Sand ist die Hauptsache der Erhärtung in 3 Monaten abgewickelt, sie nimmt nach 6 Monaten nicht mehr wesentlich zu und ist mit Jahresfrist so weit beendet, daß ein Zuwachs fast nicht mehr nachzuweisen ist. Über das Mischungsverhältnis der Cementmörtel hat Dr. Michaelis Verhältniszahlen ermittelt. Danach kann man noch eine Mischung von Portland-Cement mit 8 Teilen Sand anwenden, aber er fällt zu „kurz" aus, es fehlt ihm die Plastizität. Diese kann jedoch durch Zusatz von etwas gelöschtem Kalk erreicht werden. Am besten ist es dabei, die trockne Mischung von Cement und Sand mit Kalkmilch anzuarbeiten und der Kalkmilch nur so viel Kalkbrei zuzusetzen, als notwendig ist, um den Mörtel bildsam zu machen.

Cementmörtel soll nach Dr. L. Erdmenger so trocken wie möglich verarbeitet werden, weil die Festigkeit mit der Verringerung des Wasserzusatzes zunimmt, indem der Cement sich dann dichter ablagert.

unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 10 kg pro qcm haben.

Bei einem bereits geprüften Cement kann die Probe, sowohl des reinen Cements als des Cements mit Sandmischung, als Kontrolle für die gleichmäßige Güte der Lieferung dienen.

Der Normal-Sand wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarz-Sand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro qcm siebt, dadurch die gröbsten Teile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro qcm noch die feinsten Teile entfernt.

Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden.

Cement, welcher eine höhere Festigkeit als 10 kg pro qcm zeigt (s. oben), gestattet in den meisten Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie wegen seiner größern Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Bei schnell bindenden Portland-Cementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene.

§ 32.

Puzzolane. Traß und Traß-Mörtel.

Bei den künstlichen Cementen werden die Stoffe, welche die zu einem hydraulischen Mörtel erforderlichen Elemente enthalten, vor dem Brennen beigemischt, dann gemeinschaftlich gebrannt und hierauf zu Pulver zerkleinert. Im Gegensatz dazu ist das Verfahren bei der Darstellung sogenannter hydraulischer Mörtel ein abweichendes, indem hierbei gewöhnlicher fetter Kalk verwendet und dieser durch Beimischung gewisser Bestandteile geschickt gemacht wird, unter Wasser zu erhärten. Solche Zusätze sind: die Puzzolane, die Santorin-Erde und der Traß, ferner Ziegelmehl, auch Asche und Schlacken von Steinkohlen.

Die Puzzolane ist ein vorzüglicher vulkanischer Tuff, welcher in Italien am Abhange des Apennin, an den Ufern der Tiber, vorzugsweise aber am Fuße des Vesuv (bei Puzzuoli) gefunden wird und schon von den Römern statt des Sandes als Zusatz zum Mörtel benutzt wurde. Sie ist eine zerreibbare, meistens gelbbraune Masse und besteht aus 44,5 Kieselerde; 15 Thonerde; 8,8 Kalk; 4,7 Magnesia; 1,4 Kali; 4,1 Natron; 12,0 Eisen- und Titan-Oxyd; 9,2 Wasser.

Die Santorin-Erde ist ebenfalls ein vulkanisches Produkt (von der griechischen Insel Santorin), welches dort gegraben und ohne weiteres zur Mörtelbereitung benutzt wird. Sie ist hell graugelb oder rötlich und hat bei den Hafenbauten zu Triest und Fiume ausgedehnte Anwendung gefunden.

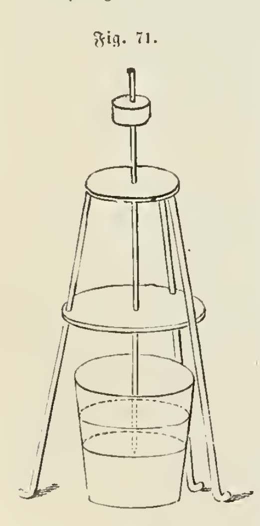
Der Traß wird aus dem festen vulkanischen Tuffstein gewonnen, dessen weitaus größte Lager sich im Nettethal bei Andernach a. Rhein befinden, während im Brohlthal nur noch relativ geringe Massen von festem Tuffstein ausgebeutet werden; dagegen werden von Brohl aus große Quantitäten von sogen. Brohler Bergtraß (Tuffasche, welche zu beiden Seiten des Thales in mächtigen Lagern vorkommt) in den Handel gebracht. Der beste Traß kommt in den untersten Lagen vor und muß durch Sprengung mit Pulver gewonnen werden. Er wird zur Mörtelbereitung verwendet und ist ein gesuchter Handelsartikel. Die oberen Lagen des Trasses haben einen viel geringeren Wert und werden jetzt noch zum Ausmauern der Fachwerkswände verwendet. Eine dritte Art des Vorkommens ist die in Form von Sand, also im schon zerkleinten Zustande. Der feste, zuerst erwähnte Traß ist der beste und heißt deshalb auch echter Traß, während die oberen, weicheren Sorten und der erwähnte Sand, welche auch wohl hie und da zur Mörtelbereitung verwendet werden, aber ein bei weitem geringeres Material liefern, wilder Traß genannt werden.

Der Traß enthält vielfach andere Materialien eingesprengt, namentlich Thonschieferstücke von verschiedener Größe, Bimsstein und Holzkohle. Die Farbe variiert vom Grauen

ins Braune und geht oft in ein helles Blau über, letzteres jedoch nur, wenn die Stücke vorher ganz ausgetrocknet waren. Um den Traß mit einiger Sicherheit beurteilen zu können, darf er noch nicht pulverisiert sein, sondern man muß ganze Stücke der Prüfung unterwerfen. Die Stücke müssen, wenn der Traß das Prädikat gut erhalten soll, möglichst fest sein, sich namentlich an den Ecken und Kanten nicht leicht abbrechen, noch weniger dürfen sich aber kleine Stücke zwischen den Fingern zerreiben lassen; auch muß er rein von den genannten Einsprengungen sein und sich „scharf" anfühlen. Häufig giebt man dem grauen Traß den Vorzug vor dem braunen und schätzt den hellblauen am höchsten; aber die Farbe allein ist kein sicheres Kennzeichen. Hat man pulverisierten Traß zu untersuchen, so beurteilt man denselben nach dem Niederschlage im Wasser und hält den für den besten, der sich rasch und vollständig niederschlägt und keine verschiedenen Schichtungen erkennen läßt. Doch auch diese Probe ist wenig zuverlässig, weil auch der wilde Traß, wenn er sonst nur rein ist, sich kaum von dem echten unterscheiden läßt.

Das sicherste Verfahren zur Prüfung des Trasses bleiben immer direkte Versuche über seine Bindekraft, wenn man ihn zu Mörtel verarbeitet. Die in Frankreich übliche Methode der Prüfung besteht in folgendem: man füllt mit einer Quantität des frisch bereiteten Mörtels ein gewöhnliches Trinkglas etwa bis zur Hälfte und schüttet dann vorsichtig Wasser darüber. Zur Vornahme der eigentlichen Probe dient der Apparat Fig. 71, bestehend aus einem kleinen, dreibeinigen Bocke mit zwei parallelen horizontalen Böden, und aus einem zu diesen Böden vertikal geführten, etwa 3 mm starken Stahlstift, der unten zugespitzt und oben mit einem Gewicht von 0,5 kg beschwert ist. Nach Verlauf von 24 Stunden, nachdem man den Mörtel, wie beschrieben, in das Glas gefüllt hat, wird derselbe der ersten Probe unterworfen, indem man das Glas unter den Bock bringt und die Stahlspitze auf die Oberfläche des Mörtels wirken läßt, und aus der Geschwindigkeit und Tiefe des Eindringens derselben auf die Güte des Mörtels schließt. Ein „vorzüglicher" Mörtel läßt schon nach dieser kurzen Zeit die Nadel gar nicht mehr eindringen. Braucht er 48 Stunden Zeit, um diesen Widerstand zu leisten, so heißt er nicht mehr „stark hydraulisch", und wenn er einen Monat gebraucht, um zu erhärten, so nennt man ihn „schwach hydraulisch", und bleibt er endlich nach dieser Zeit noch weich, so fehlt ihm die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten, in dem gewöhnlichen Sinne ganz, und er wird nicht mehr zu den hydraulischen Mörteln gerechnet. Diese Prüfungsmethode giebt jedenfalls ein Mittel an die Hand, die Güte verschiedener Mörtel gegenseitig zu beurteilen und bei der Bereitung das beste Verhältnis der Mischung auszumitteln.

Fig. 71.



Bei dem im Jahre 1877 für die Harburger Hafenschleuse gelieferten Traß ist als Bedingung vorgeschrieben worden, daß Druckproben mit Würfeln von 10 cm Seite aus 2 Volumteilen Traß und 1 Volumteil Fettkalk nach 40tägiger Erhärtungsdauer (1 Tag in der Luft und 39 Tage im Wasser) die Festigkeit von 1700 kg (17 kg pro qcm) bei 15° R. aufweisen sollten.[1])

Der echte Traß wird in größeren Stücken gebrochen und dann in Stampfwerken oder zwischen Mühlsteinen zerkleinert. Das Zerkleinern muß immer unter genauer Kontrolle geschehen, damit die Güte des Materials außer Zweifel ist. Man geht daher am sichersten, wenn man bei bedeutenden Bauten, wo eine große Quantität gebraucht wird, das Zerkleinern auf der Baustelle selbst vornehmen läßt. Die Arbeit ist aber sehr beschwerlich, weil der Traß außerordentlich hart ist, doch wird in Holland, wo man sehr viel von diesem Material verbraucht, derselbe nur in Stücken eingeführt.

Zum reinen Traßmörtel, der keinen Zusatz von Sand erhält, nimmt man gewöhnlich auf eine Kubikeinheit Kalkbrei zwei Kubikeinheiten pulverisierten Traß; doch hängt das jedesmalige Mischungsverhältnis von der Güte des Kalkes ab, und man geht am sichersten, wenn man dieses Verhältnis durch direkte Versuche ermittelt. Versuche haben ergeben, daß der gute Traßmörtel einen geringen Zusatz von reinem scharfen Sande sehr wohl vertragen kann, und wenn das damit aufzuführende Mauerwerk nicht immer unter Wasser bleibt, so versetzt man den Traß zur Hälfte mit Sand; und solchen Mörtel, den man wohl verlängerten Traßmörtel nennen kann, hält man zu Mauerwerk über Wasser für noch geeigneter als den reinen Traß ohne Sandzusatz.

§ 33.

Die Bereitung des Traßmörtels geschieht auf die Art, daß man zuerst, nachdem Kalk und Traß in dem bestimmten Verhältnis abgemessen sind, auf einem dichten Dielenboden eine Lage Kalkbrei ausbreitet und dann den Traß unter fortwährendem Durcharbeiten mit der Kalkkrücke nach und nach zusetzt. Den besten Mörtel erhält man, wenn bei der Bereitung möglichst wenig Wasser zugesetzt wird, doch ist alsdann die Arbeit sehr beschwerlich und ermüdend, während ein größerer Wasserzusatz dieselbe erleichtert.

Wenn sehr große Mörtelmengen zu bereiten sind, wie dies bei Betonbereitung gewöhnlich der Fall zu sein pflegt,

1) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1878, S. 273.

so bedient man sich häufig der Mörtelmaschinen. Im allgemeinen haben diese gegenüber der Bereitung aus freier Hand den Nachteil, daß bei den Maschinen mehr Wasser zugesetzt werden muß, wodurch der Mörtel leicht an Güte und besonders leicht an der Eigenschaft verliert, in sehr kurzer Zeit unter Wasser zu erhärten. Die Mörtelmaschinen bestehen gewöhnlich aus hohlen Cylindern von Holz oder Eisenblech, welche um ihre Achse gedreht werden oder auch feststehen und innerhalb eine bewegliche Achse haben. Die Mischung des Kalkes mit dem Traßpulver wird dann durch bewegliche und feststehende Messer im Innern des Cylinders bewirkt, zwischen welchen die Masse hindurchgetrieben wird. Näher auf diese Maschinen hier einzugehen, verbietet der Raum, und wir verweisen in dieser Beziehung auf das Hagen'sche Werk, in welchem mehrere derselben beschrieben sind.

Der fertige Mörtel wird möglichst rasch verarbeitet, weil er schon wenige Stunden nach seiner Bereitung merklich zu erhärten anfängt.

Man hat häufig Versuche gemacht, den immer ziemlich teuren Traß durch Surrogate zu ersetzen, und am meisten Ziegelmehl benutzt, zuweilen aber auch besonders feine Thonerde zu diesem Zwecke eigens gebrannt; doch bleiben dergleichen Versuche immer gewagt, und bis jetzt hat es noch nicht gelingen wollen, den Traß durch ein anderes Material bei der Bereitung von hyraulischem Mörtel aus gewöhnlichem fetten Kalke zu ersetzen.

§ 34.

Nächst der Mörtelbereitung erfordert auch die Auswahl der Steine, welche man zum Beton verwenden will, große Aufmerksamkeit. Sie sollen eine möglichst rauhe Oberfläche zeigen und möglichst scharfkantig sein, doch werden diese Eigenschaften nicht als notwendig zur Erhärtung erachtet, da man in England den Beton gewöhnlich aus Flußkies darstellt, dessen Steine, wie alle Flußgeschiebe, mehr oder weniger sphärische Gestalten zeigen. Endlich müssen die Steine an sich eine hinlängliche Festigkeit besitzen, um ein festes Mauerwerk zu geben. Vor der Vermengung werden die Steine stark mit Wasser genäßt, um dem Mörtel das zum Erhärten nötige Wasser nicht zu entziehen. Diese Vorsicht ist besonders dann nötig, wenn die Steine das Wasser begierig einsaugen, wie z. B. Backsteine und einige Sandsteinarten. Letztere eignen sich besonders gut zur Betonbereitung, doch sind auch Granit, Grauwacke und die festeren Arten Kalkstein brauchbar. Man hat auch Backsteine zu diesem Zwecke besonders scharf brennen und dann in passende Stücke zerschlagen lassen. Wenn man den Mörtel abgesondert bereitet, so werden die Steine gewöhnlich in möglichst gleicher Größe (nicht über 5 cm im Durchmesser) verlangt, obgleich die Engländer gerade umgekehrt es als eine Bedingung der Brauchbarkeit des Kieses aufstellen, daß die Steine von möglichst großer Verschiedenheit in Beziehung auf ihre Größe sein müssen. Bei letzterem Material muß der Kies aber auch den Sand zum Mörtel ersetzen, was bei der obigen Bereitungsart nicht nötig ist, weshalb bei dieser die Bedingung der gleichen Größe der Steine immer ratsam bleiben möchte, um nicht zu kleine, leicht zerbröckelnde Steine in die Masse zu bekommen.

Um das richtige Verhältnis der Steine zum Mörtel zu bestimmen, kann man auf die bekannte Weise die Größe des kubischen Inhalts der Zwischenräume zwischen einer bestimmten Quantität Steine ausmitteln und diesen als Maß des hinzuzusetzenden Mörtels annehmen. Bei den Betonfundierungen der Schleusen an der Ruhr hat man zu 12 Kubikeinheiten Steinbrocken 6 Kubikeinheiten Mörtel hinzugesetzt und daraus 13 Kubikeinheiten Beton erhalten. Hiernach wären z. B. zu 100 cbm Beton 94 cbm Steine und 46 cbm Mörtel erforderlich. Bei dem Schleusenbau zu St. Valery an der Somme nahm man zu einem Kubikmeter Beton 0,87 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

In London benutzt man zur Betonbereitung, wie schon erwähnt, den aus der Themse gebaggerten Kies aus kleineren und größeren Stücken unter Zusatz von hydraulischem Kalk. Ein häufiger vorkommendes Mischungsverhältnis ist das von 5 Teilen Themsekies auf 1 Teil hydraulischen Kalk, doch geht man auch darunter.[1]) Als beste Mischungsart hat man dort folgende anerkannt: man mischt den gemahlenen Kalk trocken mit dem Kiese recht sorgfältig und schüttet dann die erforderliche Menge Wasser zu; dann schippt man die Masse 2—3 mal um und verbraucht sie sofort. Sobald der frisch bereitete Beton in die Baugrube geworfen ist, tritt durch das Löschen des Kalkes eine Bewegung der Masse ein, so daß Kalk und Wasser nicht mehr Raum einnehmen, als der Kalk allein, wodurch ein dichteres Lagern des Kieses bewirkt wird. Der Wasserzusatz soll auch bei den hyraulischen Kalken so gering als möglich sein.

Als Beispiele von Betonmischungen in Deutschland führen wir folgende an:

Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Thorn: 1 Raumteil (Stettiner) Portland-Cement, 3 Raumteile scharfer Mauersand, 5 Raumteile Steinschlag. (Zeitschrift für Bauwesen 1876.)

Hellingsbauten in Kiel: 100 Teile Schotter, 43,6 Teile Mörtel, bestehend aus 1 Teil Cement, 1,4 Teilen Sand.

1) So hat man beim Bau des Zuchthauses in Westminster mit 8 Teilen Kies und 1 Teil Kalk noch ein gutes Resultat erzielt, obgleich die 7 (engl.) Fuß mächtige Betonlage noch unter der höchsten Flut lag.

Rheinbrücke bei Wesel: Zu 1 cbm Beton sind verwendet 0,75 cbm Steinschlag, 0,19 cbm Kies, 0,456 cbm Mörtel aus 1 Teil Kalkpulver, 1 Traß, $1^1/_2$ Sand.

In der Regel rechnet man auf 2 Raumteile Steinbrocken 1 Teil Mörtel; die Betonmasse wird dann etwa $^1/_{10}$ größer als das Volum der Steinbrocken. 1 cbm Beton erfordert also 0,90 cbm Steine und 0,45 cbm Mörtel.

Die Festigkeit des Betons wird etwa derjenigen des Mörtels gleichgesetzt, doch nimmt man sie auch geringer als diese an, zu etwa 5 kg pro qcm.

§ 35.

Das Mischen des Betons.

Der Beton kann auf zweierlei Weise bereitet werden. Entweder mengt man, wie in England häufig geschieht, Kalk, Sand und Steine gleichzeitig und verarbeitet sie gemeinschaftlich unter Zusatz von Wasser, oder man stellt zunächst den Mörtel her und mengt diesen dann mit Steinstücken. Die letztere Methode ist auf dem Kontinent gebräuchlicher, bietet auch größere Sicherheit für die Güte des Betons, weil dabei eine innigere Mischung der Materialien zu erreichen ist.

a) Das Mörtel-Mischen geschieht entweder mit der Hand oder durch Mörtelmaschinen.

Mörtelmaschinen sind entweder nach Art der Thonschneider konstruiert, welche aus einer vertikalen Trommel von Holz oder Eisen bestehen, worin die Mörtel-Materialien durch eine mit Messern oder Armen versehene vertikale Welle gemischt werden. Man hat dergleichen mit Pferde- und Maschinen-Betrieb. Oder es werden eiserne Rechen in einer horizontalen ringförmigen Grube um eine vertikale Achse bewegt. Endlich hat man Einrichtungen in Form der Mahlgänge, bei denen bewegliche Mühlsteine angewendet werden, die durch Druck wirken und so die Mischung der Sandkörner mit den Kalkteilen befördern.

Größere Aufmerksamkeit als der Kalkmörtel erfordert die Anfertigung der Cementmörtel, denn hier muß die Mengung eine besonders innige sein, auch das vorgeschriebene Verhältnis zwischen Cement und Sand genau innegehalten werden. In Frankreich wird bei kleineren Verbrauchsmengen der Cement und der Sand auf kleinen, mit seitlichem Rande versehenen Tischen ausgebreitet und mit einer Mauerkelle gut durcheinander gearbeitet. Hierbei kann die Mischung in kurzer Zeit geschehen, ehe das Binden des Cements beginnt. Der so fertig gemischte Mörtel fällt dann in einen untergestellten Eimer und wird zum Verwendungsort getragen.

b) Auch die Bereitung des Betons aus gehörig präpariertem Mörtel und Steinbrocken wird vielfach durch Handarbeit bewirkt, weil viele Ingenieure dieser Bearbeitungsmethode den Vorzug vor der Mischung in Betonmaschinen geben. Kleinere Mengen Beton werden stets durch Handarbeit bereitet, indem auf einem Bretterboden die vorher angefeuchteten Steine in Portionen von 0,3 bis 0,4 cbm regelmäßig ausgebreitet werden, so daß sie eine niedrige Schicht bilden; auf diese wird der Mörtel dann in kleineren Portionen nachgeworfen und mit Schaufeln oder eisernen Rechen so lange durchgearbeitet, bis die Steine vollständig mit Mörtel umhüllt sind. Diese Arbeit ist schwierig, weil dem Mörtel nur wenig Wasser zugesetzt werden darf, um dessen Bindekraft und Erhärtungsfestigkeit nicht zu verringern, namentlich in Fällen, wo Cementmörtel zur Anwendung kommt.

Bei Anfertigung großer Massen Beton bedient man sich auch der Maschinen. Bei den Schleusenbauten an der Ruhr bestand eine solche, nach Hagen, aus einer achtseitigen Trommel von Holz, welche an einer eisernen Achse befestigt war und sich mit dieser umdrehen ließ. Die Trommel war 1,8 m lang, 0,95 m weit und machte in der Minute etwa 9 Umdrehungen. Die Bewegung geschah durch eine Dampfmaschine. Eine der 8 Seiten bestand aus einer Klappe, durch welche etwa 1,36 cbm Steine und 0,18 cbm Mörtel eingebracht wurden, welche nach 18 Minuten vollständig durchgearbeitet waren und 0,42 cbm Mörtel gaben. Die Entleerung der Trommel geschah durch dieselbe Klappe.

Eine andere Methode der Bearbeitung ist diejenige in sogenannten Fallwerken, d. h. hölzernen Gerüsten, in welchen schräg gestellte Brettwände übereinander angebracht sind, in solcher Anordnung, daß die oben eingebrachten Materialien von der ersten auf die zweite, dritte u. s. w. Abteilung fallen und unten fertig gemischt ankommen.

Die Betonmühlen endlich bestehen, wie die Mörteltrommeln, aus geneigt liegenden hohlen Cylindern, die langsam gedreht werden und das fertige Material in die zum Weiterbefördern bestimmten Gefäße entleeren.

§ 36.

Nach der Darstellung der Betonmasse kommt es darauf an, dieselbe auf die Sohle der Baugrube zu bringen, wenn nicht etwa die Bereitung auf dieser selbst geschieht. Die Engländer pflegen den Beton auf Dielen, oder in Rutschen, welche nach der Baugrube zu ein starkes Gefälle haben, in diese hinabzuwerfen, damit durch die Erschütterung des Fallens die einzelnen Teile näher aneinander getrieben werden und die Masse kompakter wird. Sobald der Beton an den Ort seiner Verwendung geschafft ist, muß er sogleich ausgebreitet und geebnet werden, bevor er Zeit hat, sich zu setzen, weil aus einem späteren Aufrühren der Masse große Nachteile erwachsen können. Man soll ihn überhaupt so wenig als möglich umrühren und nur die Oberfläche der zuletzt aufgebrachten Lage ebnen, um eine horizontale Fläche zu erhalten. Man schüttet die einzelnen Lagen 18—26 cm stark und bringt keine zweite auf, bevor sich die erste nicht

gesetzt hat, was übrigens bei einer nicht zu kleinen Baugrube in der Regel schon eingetreten ist, ehe man das Ende der Schicht erreicht hat.

Das Beispiel einer Betonfundierung im Trocknen liefert die eines Wasserbehälters für den Gasometer der Gasanstalt in Eßlingen unweit Stuttgart.

Dieser Behälter hat einen Durchmesser von 14,3 m im Lichten und besteht aus einer ringförmigen, 4,66 m hohen Mauer, welche auf einer Betonscheibe von 20 m Durchmesser und 0,57 m Dicke ruht. Das Profil der Mauer ist innerhalb vertikal, an der Erdseite aber mit mehreren Absätzen versehen, wodurch die Mauerdicke von unten 1,57 m auf oben 0,88 m Stärke reduziert wird. Das untere 2,3 m hohe Stück der Mauer ist in seinem der Erde zugekehrten Teile samt den Absätzen aus Beton gebildet, und nur der innere Teil besteht aus Backsteinen, und zwar in der ganzen Höhe in gleicher Stärke von 3 Stein. Die vertikale Fuge zwischen diesem Mauerteile und dem Beton ist durch den oberen, übersetzenden, 4 Stein starken Mauerteil geschlossen. Ganz oben ist die Mauer durch zwei 0,28 m hohe Quaderschichten bekrönt.

Der Beton bestand aus 1 Teil gewaschenem Neckarsand, 2 Teilen hydraulischem (Ulmer) Kalk und 3 Teilen gleichfalls gewaschenem Neckarkies etwa in der Größe von Taubeneiern und welschen Nüssen. Diese 6 Teile gaben 4,5 Teile Beton.

Die Arbeit geschah von Hand in zwei nebeneinander befindlichen hölzernen Kalkbühnen. In der einen wurde durch 4 Mann der Kalk und Sand zuerst trocken gemischt, dann das nötige Wasser mit einer Gießkanne zugesetzt und der Mörtel darauf in die zweite Pfanne, d. h. anderen 4 Mann zugeworfen, welche ihn mit dem in die Pfanne gebrachten Kiese mischten und den fertigen Beton in die Kübel füllten, in denen er den Maurern zugetragen wurde, welche die Schüttung besorgten. Auf diese Weise wurden durch 30 Mann in einem Sommertage 14—16 cbm Beton bereitet und geschüttet. Es wurden keine anderen Werkzeuge als gewöhnliche eiserne Schaufeln (Schippen) benutzt. Die Arbeit war aber sehr anstrengend, weil sie ununterbrochen fortgesetzt werden mußte, da der Beton sehr schnell erhärtete. In den seit 10—15 Minuten geschütteten Beton konnte man mit einem Stocke wenig und nur mit Anstrengung eindringen.

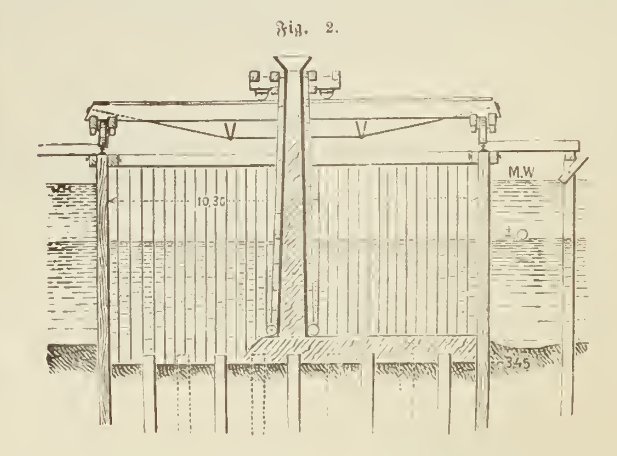
Das Versenken des Betons.

Diese Methode ist aber nur anwendbar, wenn man eine wasserfreie Baugrube hat. Ist dies nicht der Fall, so tritt als Hauptbedingung die auf, daß der zu versenkende Beton möglichst wenig mit dem Wasser in Berührung kommt, damit der Mörtel desselben nicht ausgewaschen wird. Es kommt daher zunächst darauf an, in der Baugrube ruhiges Wasser zu schaffen, was dadurch geschehen kann, daß man sie mit festen Wänden (Fangedämmen) umgiebt; oder ist sie überhaupt im festen Lande eröffnet, so daß das Wasser in derselben nur durch die Sohle der Baugrube eindringt, so müssen die Schöpfmaschinen während der Versenkung des Betons ruhen, oder es darf der Wasserspiegel in der Baugrube während dieser Operation nicht gesenkt werden, damit kein Strömen des Wassers von unten nach oben eintritt, wodurch die Dichtigkeit der Betonschüttung gefährdet werden würde. Ist die Baugrube in einem fließenden Gewässer gelegen, so muß sie wenigstens mit einer leichten Spundwand umgeben werden, die ein heftiges Strömen des Wassers verhindert.

Da ein freies Hinabschütten des Betons durch tiefes Wasser aus dem oben angeführten Grunde unzulässig ist, kann man ihn entweder durch eine Art Trichter, welcher bis zu der betreffenden Schicht hinabreicht, oder mittels Kästen, die langsam hinabgelassen und unten umgekippt oder auf andere Weise entleert werden, versenken.

Der Trichter wird aus Holz oder aus Eisenblech angefertigt und je nach der Beschaffenheit der Baustelle entweder auf einer über Wasser angebrachten Rüstung mittels Schlitten oder Wagen bewegt oder bei größerer Breite der Baustelle zwischen zwei Kähnen aufgestellt. Fig. 72 zeigt die Anordnung eines hölzernen Trichters mit seiner Schiebebühne; derselbe bleibt während der Betonierung bis über Wasser gefüllt, und indem er langsam vorgerückt wird, fließt unten die Betonmasse aus, die am obern Ende durch Nachschütten entsprechend ergänzt werden muß. Zum Zweck des leichtern Entleerens konstruiert man den Trichter mit parallelen Wänden oder besser mit geringer Erweiterung nach unten. Der Trichter ruht auf einem Wagen, der sich recht-

Fig. 2.



winklig zur Bahn der Schiebebühne verrücken läßt; es muß ferner dafür gesorgt sein, daß er höher und tiefer gerückt werden kann. Der frisch geschüttete Beton wird durch am Trichter angebrachte Walzen geebnet.

Das Betonfundament wird hierbei aus einzelnen Streifen gebildet, die zusammen eine Schicht von $^2/_3$ bis 1 m

Dicke ausmachen. Um das Fundament möglichst dicht zu erhalten, pflegt man gewöhnlich mehrere Schichten und zwar so anzuordnen, daß die Fugen derselben sich decken. Zweckmäßig ist es, mit der Richtung der Streifen abzuwechseln, diese also kreuzweise anzubringen.

Die Versenkung des Betons mittels Trichter hat mancherlei Nachteile und Unbequemlichkeiten. Dahin gehört der Umstand, daß die ganze Betonmasse aus vielen schmalen Streifen und dünnen Schichten besteht, die alle an ihren Oberflächen mit dem Wasser in Berührung gewesen sind, wodurch die Mörtelmasse ausgewaschen und Mörtelschlamm abgesetzt wird, der die Verbindung mit den nächsten Streifen hindert. Ferner ist die Unterbrechung der Arbeit am Abend mit der Unbequemlichkeit verbunden, daß, wenn man den Trichter so weit vorschiebt, daß er sich ganz entleert, Wasser in denselben tritt, oder wenn man ihn mit Beton gefüllt stehen läßt, dieser während der Nacht erhärtet und am Morgen hinabgestoßen werden muß. Letzteres kann man vermeiden, wenn man den Trichter während der Nacht durch den Wächter einigemal vorschieben läßt, wodurch der Beton in Bewegung kommt. Es ist indessen das Leeren des Trichters vorzuziehen, weil man die erste Füllung desselben wegen des in demselben stehenden Wassers mittels Kästen vornehmen kann. Außerdem ist die Bewegung des Trichters bei großen Wassertiefen schwierig.

Das Versenken des Betons mittels Kästen hat den Vorteil, daß derselbe weit weniger mit dem Wasser in Berührung kommt und überhaupt die Masse desselben mehr in ungestörtem Zusammenhange verbleibt. Die Vorrichtung zum Versenken kann aus einer leichten Winde bestehen, an welcher der ca. 0,2 cbm Beton fassende Kasten an zwei Tauen hängt (Fig. 73 und 74). Die Winde muß sich auf dem früher erwähnten Gerüste oder auf einer schwimmenden Rüstung leicht über jede Stelle der Baugrubensohle bringen lassen, um an dieser den gefüllten Kasten versenken zu können. Ist derselbe vorsichtig bis auf die Sohle der Baugrube oder bis auf die bereits versenkte Betonschicht hinabgelassen, so wird die Welle der Winde um ca. 90 Grad gedreht, wodurch der Kasten wieder so weit gehoben wird, daß er mittels der in den Figuren sichtbaren Leine umgekippt oder wie in Fig. 73ª durch Öffnen des Bodens geleert werden kann. Die obere Fläche einer auf diese Weise gebildeten Betonlage muß dann noch ausgeebnet werden, wozu man sich einer an Stangen befestigten gußeisernen Platte bedienen kann, welche man aber mehr drückend als stampfend anwendet, um das Wasser nicht zu stark zu bewegen. Letzteres muß vermieden werden, um ein Auswaschen des Kalkes aus den oberen Teilen der Betonlage zu verhüten. Eine vollkommene Abebnung ist auch nicht gerade erforderlich, weil ein Betonbett doch immer noch übermauert wird.

Der zu schüttende Beton verlangt stets eine feste Umgrenzung, und wird er unter Wasser versenkt, so wird man diese Umschließung durch eine Spundwand darstellen, deren Holm über das Wasser reicht und benutzt werden kann, um die Rüstung für die Versenkungsvorrichtungen zu tragen. Hat man eine wasserfreie Baugrube, so wird man leichte Pfähle einschlagen und durch an diese genagelte Bretter oder Dielen die Umschließung bilden, welche man, wenn der Beton erhärtet ist, wieder fortnimmt.

Fig. 73. Fig. 73a. Fig. 74.

0,8 a b 0,95

§ 37.

Eine Betonschüttung kann als eine Art Gußmauerwerk[1]) angesehen werden, welches weniger Festigkeit zeigt, als ein mit denselben Materialien regelmäßig hergestelltes, woraus die Notwendigkeit folgt, ersterem eine größere Stärke zu geben als letzterem. Die Stärke, welche man einem Betonbette geben muß, ist zum Teil von dem Umstande abhängig, ob man unter Wasser fundiert oder nicht. Ist letzteres der Fall, so ist die Last, welche das aufzuführende Gebäude ausübt, und die Beschaffenheit des Untergrundes allein maßgebend. Fundiert man aber unter Wasser und hat die Absicht, nach dem Erhärten des Betons die Baugrube wasserfrei zu machen, so hat das Betonbett dem Drucke der von unten nach oben wirkenden Quellen zu widerstehen, welcher wiederum von dem Stande des Oberwasserspiegels abhängig ist,

1) Vergl. den I. Teil der Allgemeinen Bau-Konstruktionslehre.

wenn das Bauwerk, wie z. B. eine Schleuse, einen Aufstau des Wassers bewirken soll. In diesem Falle wird man immer gut thun, diesen Druck durch das Gewicht des Betonbettes aufzuheben und hiernach seine Abmessungen einzurichten. Das specifische Gewicht des erhärteten Betons kann man in diesem Falle, wegen der unvermeidlichen kleinen Höhlungen im Innern der Masse, nicht wohl größer als 1,5—1,8 annehmen, bei im Trocknen aufgeführtem und zusammengerammtem Beton aber vielleicht gleich 2 setzen. Der Beton ist immer ein kostbares Material, und man schränkt seine Abmessungen daher gern auf ein Minimum ein, doch pflegt man selbst bei kleinen Schleusen die Stärke nicht unter 0,90 m zu machen, und sonst größer. So hat man das Betonbett unter der St. Katharinen-Dockschleuse, wo die Baugrube eine Breite von 21,3 m hatte, 2,2 m stark gemacht.

Hat man keinen Wasserdruck zu befürchten, so wird die Stärke des Betonbettes von der Last des zu tragenden Gebäudes und der Beschaffenheit des Baugrundes abhängen, und da letzterer als schlecht oder nachgebend vorausgesetzt werden muß, weil man sonst keine derartige kostspielige Fundierung anwenden würde, so wird immerhin eine so bedeutende Stärke der Betonbettung nötig sein, daß durch dieselbe eine etwaige ungleiche Belastung durch das Bauwerk ausgeglichen oder übertragen werden kann. Die Wirkung des Betonbettes wird sich in diesen Fällen mit der eines liegenden Rostes vergleichen lassen, und um diese noch sicherer zu erreichen, dürfte eine Stärke von 0,75—1 m die geringste Stärke sein, welche man einem Betonbette geben darf, wenn dasselbe eine gleichmäßige Verteilung des Druckes auf den Untergrund bewirken soll. Die vorteilhafte Wirkung großer zusammenhängender Mauermassen bei Fundierungen auf schlechtem Boden hat sich durch die Erfahrung herausgestellt und eine solche wird in den berührten Fällen durch eine hinlänglich starke Betonbettung am sichersten erreicht. Da die Tragfähigkeit eines nachgebenden Baugrundes durch Vergrößerung der drückenden Fläche ebenfalls vergrößert wird, so ist es nötig, das Betonbett immer bedeutend breiter anzulegen, als die darauf zu setzende Mauer, und man hat bis jetzt ziemlich allgemein angenommen, daß diese größere Breite bei kleineren Bauwerken etwa 0,75 m betragen müsse. Ist das Gebäude aber bedeutend und der Baugrund schlecht, so muß man in der ganzen Grundfläche desselben den Grund ausgraben und das Betonbett sich über die ganze Baugrube erstrecken lassen. In einem solchen Falle kann dasselbe eine geringere Stärke bekommen, als wenn nur einzelne Mauern auf Beton fundiert werden. In letzterer Beziehung mag folgendes Beispiel als Beleg dienen. In den Marschen bei Warl in Hertfordshire wollte man ein Haus auf einem Boden erbauen, der so schlecht und sumpfig war, daß ziemlich lange Pfähle ohne bedeutenden Widerstand eindrangen und keinen festen Grund erreichten. Das Gebäude wurde auf einem Schwellrost gegründet. Dieser war aber nicht im stande, den ungleichmäßigen Druck, welchen das Gebäude ausübte, zu verteilen, demzufolge bekam das Haus so bedeutende Risse und Sprünge, daß es abgetragen werden mußte. Da nun aber an dieser Stelle das Gebäude errichtet werden mußte, so entschloß man sich zu einer Betonfundierung. Zu diesem Zweck wurde die Baugrube um 1,80 m breiter als das ca. 14 m im Geviert messende Gebäude bis zu einer Tiefe von 2,13 m, welche durch den starken Wasserzudrang bedingt wurde, ausgehoben und auf die noch durchaus weiche und nachgebende Sohle eine Betonschüttung von 1,80 m Stärke aufgebracht, deren Seitenwänden man einige Dossierung gab. Einen Monat lang ließ man den Beton sich setzen, und führte dann das Mauerwerk des Gebäudes auf, und obgleich die Umfangsmauern bedeutend mehr lasteten als die Scheidewände im Innern, so hat sich das Gebäude doch gut erhalten und durchaus keine ungleiche Senkung wahrnehmen lassen.

Bei der Betonfundierung für den Bau des Neuen Museums in Berlin handelte es sich darum, die Säulenhalle eines eingeschlossenen Hofes zu gründen. Wegen der umgebenden tief fundamentierten Gebäude war ein seitliches Ausweichen des übrigens ganz morastigen Grundes nicht zu befürchten. Diese Gebäude waren auf einem Pfahlroste fundamentiert. In gleichem Niveau mit dem Bohlenbelag dieses Pfahlrostes wurde zur besseren Verteilung des Druckes eine 1 m starke Sandschicht ausgebreitet und darauf eine Betonschicht von 1,88 m Breite und 0,94 m Stärke in der früher beschriebenen Weise gebracht. Diese Betonschicht wurde während ein bis zwei Jahren mit einer bedeutenden Menge von Baumaterial belastet, von weit größerem Gewicht als der spätere Säulenbau, um eine möglichst starke Kompression noch vor Benutzung des Fundaments zu bewirken.

Ein großer Vorteil der Gründung auf Beton, gegenüber der Gründung auf einem Schwellrost, liegt in dem Umstande, daß man mit dem Beton nicht bis unter den niedrigsten Stand des Grundwassers hinabzugehen braucht, was bei dem Schwellrost immer nötig ist. Überhaupt dürfte die Betonfundierung überall da, wo die Materialien sich nicht zu teuer stellen, bei einem schlechten, moorigen Boden den übrigen Fundierungsarten vorzuziehen sein, wie denn auch in neuerer Zeit immer häufiger Anwendung von derselben gemacht wird.[1])

1) Der ganze, zwischen den Bahnhöfen „Bellevue" und „Tiergarten" der Ringbahn belegene Stadtteil Berlin NW. ist auf Betonpfeiler gegründet. Hier befanden sich früher Wiesen, deren Untergrund aus einer i. m. 1,75 m dicken Moorschicht besteht; darunter liegt der gute Baugrund. Die betreffenden Gebäude wurden teils auf Senkkästen (mit Betonschüttung), teils auf abgegrenzte Betonpfeiler fundiert. Dies Pfeilermauerwerk ist durch 2 Stein starke Erdbögen verbunden, die eine kräftige Verankerung erhielten. Vergl. § 38 u. 41.

46*

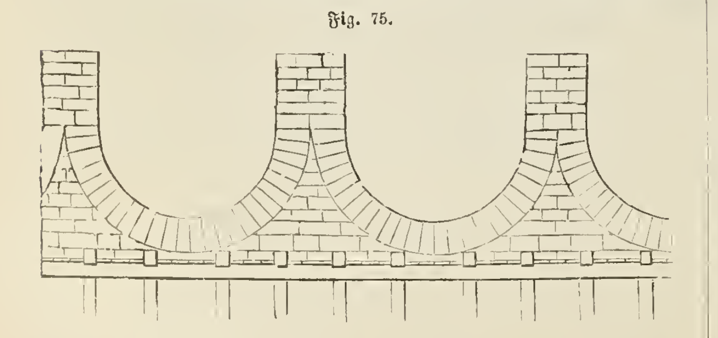
§ 38.

Gründung mit Erdbögen.

In manchen Fällen ist man genötigt, sehr tief hinabreichende Fundamentmauern aufzuführen. Um hierbei an Material zu sparen, mauert man nur einzelne Pfeiler und verbindet dieselben oberhalb durch Bögen, welche mit ihrem äußeren Scheitel noch unter dem Terrain liegen; diese werden horizontal abgeglichen und dann der Sockel des Gebäudes darauf gesetzt. Hierbei kann man bei einer fetten, „gut stehenden" Erdart auch das Grundgraben auf die Pfeiler beschränken und dann die stehen gebliebene Erde von einem Pfeiler zum andern nach der Form des zu wölbenden Bogens abstechen, so daß dieselbe als Lehrgerüst für die Fundamentbögen dient. Eine solche Gründung pflegt man daher wohl eine Fundierung mit „Erdbögen" zu nennen. Dergleichen Bögen sollen nicht flacher als im Halbkreise und nicht schwächer als 2 Stein ausgewölbt werden, und an den Ecken der Gebäude soll die Pfeilerbreite gleich der 4fachen Gewölbstärke gemacht werden, während die Mittelpfeiler 1,25 m breit herzustellen sind. Die Tiefe der Erdbögen richtet sich, wie überhaupt die Stärke der Fundamentmauern, zunächst nach der Stärke der Sockelmauern. — Bei den Frontmauern mehrstöckiger, stark belasteter Gebäude ist unter jedem Fensterpfeiler auch ein Widerlagspfeiler anzuordnen, und wird in den meisten Fällen die Halbkreisform für die Bögen beibehalten. Ist der Grund, auf den die Fundamentpfeiler zu stehen kommen, nicht absolut fest, so läßt man das unterste Bankett besser ganz durchgehen.

Ist der Grund so beschaffen, daß man sich zu einer Gründung der Pfeiler auf Pfahlrost entschließt, so müssen die Langschwellen immer durch die ganze Länge der Grundmauer hindurchreichen. Wenn man nicht ganz widerstandsfähigen Boden voraussetzen darf, dann bleibt diese Gründungsart bei stark belasteten Gebäuden indessen bedenklich. Schon

Fig. 75.



wenn die Pfeiler etwa sehr verschiedene Höhe bekommen, tritt die Gefahr eines verschiedenen Setzens ein. In dieser Beziehung wird also ein starkes, eine große Masse bildendes, durchgehendes Bankett eine ungleiche Senkung immer am sichersten verhindern und dürfte ebenso wirksam sein als umgekehrte flache Bögen zwischen den Pfeilern (Fig. 75), ein Verfahren, das häufig angewendet wird und auch schon den alten Römern bekannt gewesen sein muß, weil es sich bei den Substruktionen der Engelsburg in Rom findet. Am sichersten wird man gehen, wenn man beides miteinander verbindet, d. h. auf ein durchgehendes (nun schwächeres) Bankett noch umgekehrte Bögen setzt. Vergl. auch Scholtz, Fachschule des Maurers (J. M. Gebhardt's Verlag): „Arbeiten des Grundbaues" S. 27, Fundierung des Getreidespeichers am Kaiserquai in Hamburg.

Anwendungen.

§ 39.

Bei leichteren Gebäuden kann man von der Regel, unter jedem Fensterpfeiler einen Widerlagspfeiler anzuordnen, abgehen und auch die Halbkreisform der Erdbögen in Kreissegmente verwandeln, wie dies ein paar bei den württembergischen Eisenbahnbauten ausgeführte und auf der Taf. 60 dargestellte Fundierungen zeigen. Bei dem auf Taf. 60 dargestellten Wagenschuppen des Bahnhofes in Cannstatt beträgt die Spannweite der Erdbögen 4 m und die Pfeilhöhe 1,29 m, die Stärke der Bögen 0,57 m, und der äußere Bogenscheitel liegt noch 0,6 m unter dem Terrain; die mittleren Widerlagspfeiler sind 1,4 m, die Endwiderlager 2,3 m stark; die Höhe dieser Pfeiler bis zum Kämpfer beträgt 1,29 m, die Tiefe der Bögen (in der Achse gemessen) 1,43 m in den Fronten und 1,15 m in den Giebeln. Die 5,4 m hohen Frontmauern sind 2 Stein stark und der Sockel hat eine Stärke von $2^1/_2$ Stein. Die Giebel, welche große Thoröffnungen enthalten, sind im untern Teile 0,86 m, im Dach noch 2 Stein stark.

Diese Fundierungsart wurde gewählt, um Baukosten zu sparen, weil die genannten Bahnhöfe in der Aufschüttung der Bahn liegen.

Wenn in einem sonst guten und festen Baugrunde weiche, grundlose Stellen oder sogenannte „faule Adern" eines ehemaligen Wasserlaufs vorkommen, so kann man veranlaßt werden, solche Stellen mit einem oder mehreren Bögen zu überspannen. Die Spannweite eines solchen Bogens, für dessen Gewölbelinie der Halbkreis immer anzuraten ist, hängt aber ab von der Tiefe der Fundamente, weil er mit seinem äußeren Scheitel unter dem Sockel bleiben muß. Ist eine solche Stelle also 5 bis 6 m breit, so müssen in derselben einzelne Pfeiler gegründet und mit Bögen zusammengewölbt werden. Die Gründung solcher einzelnen Pfeiler muß aber immer mit der äußersten Sorgfalt geschehen, und man muß ihnen einen möglichst breiten

Fuß geben.[1]) Ist die Anlage eines Rostes nötig, so sollte sich dieser immer unter mehreren Pfeilern im Zusammenhang erstrecken und bei einzelnen schlechten Stellen auf beiden Seiten noch bis in den guten, festen Grund reichen. Auf dem Roste hat man erst ein nicht zu schwaches, durchgehendes Bankett aufzuführen und darauf die Pfeiler zu setzen, wenn man es nicht überhaupt vorzieht, dergleichen Stellen in ihrer ganzen Ausdehnung mit Betonschüttung auszufüllen. Wenn in einem Grunde, den man zwar als gut zu bezeichnen berechtigt ist, bei dem aber doch eine geringe gleichförmige Senkung vorausgesetzt wird, einzelne Stellen (wie eingerammte alte Pfähle oder große Steine ꝛc.) vorkommen, welche ein solches Setzen unterbrechen würden: dann werden auch solche Stellen mit einem Bogen zu überwölben sein, und zwar so, daß zwischen der Leibung des Bogens und dem festen Gegenstand ein angemessener Zwischenraum bleibt, damit das ganze Fundament sich gleichförmig setzen kann.

Erinnern müssen wir hier noch an das, was schon im ersten Teile der allgemeinen Konstruktionslehre über die Fundamente einzelner stark belasteter Pfeiler, wie sie namentlich bei Magazinen, Kirchen ꝛc. vorkommen, gesagt worden ist, weil solche Pfeiler oft mehr zu tragen haben, als gleich große Teile der Frontmauern. Bei einigermaßen zweifelhaftem Grunde wird es immer geraten sein, solche einzelne Pfeiler auf ein durchgehendes Bankett zu setzen, und dieselben, wenn sie hoch werden, oberhalb durch Bögen unter sich und mit den Fundamenten der Frontmauern zu verbinden, um ein Schwanken unmöglich zu machen. Sind indessen bei einem schlechten Baugrunde die Front- und die stark belasteten Mittelmauern eines Gebäudes, etwa auf Roste, vorsichtig gegründet, so kann man zur Ersparung an Mauerwerk kurze, nur ihr eigenes Gewicht tragende Querscheidemauern ganz auf Bögen setzen.

§ 40.

Gründung auf Senkbrunnen.

Zu den Pfeilerfundierungen gehört auch die zuerst von Gilly beschriebene, „auf gemauerten Senkbrunnen“. In einem Hefte des Magasin encyclopédique ou journal des Sciences etc. vom Jahre 1803 wird die Methode dieser Gründung nach der Schilderung eines Schriftstellers, der im Jahre 1161 Ägypten durchreiste, mitgeteilt. Auch in den im Jahre 1802 zu Paris edierten „Mémoires sur les travaux des constructions hydrauliques“ par Alex. le Goux de Flaix etc. wird gesagt, daß die Gründung auf Brunnen schon im Jahre 1630 in Indien üblich gewesen sei. Philibert de l'Orme erwähnt in seinem 1567 in Paris erschienenen Werke über die Architektur, Tome I, p. 46, etwas ähnliches. In Berlin kam im Jahre 1798 der Bürger Benjamin George ganz von selbst auf diese, von allen bisherigen Methoden verschiedene Gründung und wendete dieselbe zur Fundierung eines massiven Gebäudes von zwei Etagen Höhe an; seit dieser Zeit ist dieselbe bei mehreren zwei und drei Etagen hohen Gebäuden in Ausführung gekommen, indessen nicht überall mit gleich gutem Erfolg.

Gilly sagt über die Anwendung dieser Fundierung folgendes: „Wenn der feste Baugrund sich erst in einer Tiefe von mehr als $4\frac{1}{2}$ resp. 6 m unter aufgefüllter, lockerer Erde oder unter mit Wasser vermengtem Sand befindet, resp. mit Torf oder Morast bedeckt ist, so mußte nach der bisherigen Gründungsmethode (Betonfundierungen waren damals noch nicht bekannt) ein liegender Rost oder ein Pfahlrost gewählt werden, weil in solcher Tiefe eine bloße Ausmauerung, wegen des vielen Wasserschöpfens und Ausgrabens der Baustelle, die Kosten eines Rostes in der Regel übersteigt. In diesem Falle und wenn der feste Baugrund nicht viel über 6 m unter der Oberfläche der Erde angetroffen wird, ist die Gründung auf Brunnen, als Zeit und Kosten sparend, mit Vorteil anzuwenden.“

Form und Anordnung der Brunnen. Unter den verschiedenen Grundrißformen, welche man den Senkbrunnen gegeben hat, ist die kreisförmige — wie sie bei gewöhnlichen Hauswasserbrunnen üblich ist — die günstigste für das Senken, zugleich die widerstandsfähigste gegen den seitlichen Druck des Bodens. Diese Form war die ursprüngliche und wird auch jetzt noch für Ingenieurbauten vielfach als die allein richtige bezeichnet, obwohl auch rechteckige und unregelmäßige Formen sich gut bewährt haben. Solche Brunnen sind zum Teil in sehr bedeutenden Dimensionen ausgeführt worden: so an der Oldenburgischen Bahn kreisrund bis zu 6,5 m äußerem Durchmesser, rechteckige bei den Brückenfundierungen der Venloo-Hamburger Bahn bis zu 6,7 m Länge bei 4,5 m Breite und 7 m Tiefe.

Die Tiefe, bis zu welcher Brunnen ausgeführt sind, überschreitet, wenigstens in Deutschland, das Maß von 8 m nicht. Dagegen ist man in Ostindien bei einer Brücke der Rajpootana-Staatsbahn 18 m tief hinabgegangen[1]), und die Brunnen der Jumna-Brücke bei Delhi sollen 25 m unter Niedrigwasser stehen.

Die Größe der Grundfläche der Brunnen richtet sich nach der Tragfähigkeit des Baugrundes, doch kann die In-

1) Die Grundfläche der Pfeiler ist rechnerisch derart festzustellen, daß der qm Baugrund mit höchstens 25000 kg belastet wird. Werden Senkkästen angeordnet, so darf diese Zahl — mit Rücksicht auf die Reibung der Kastenwandung an den durchstoßenen Schichten — bis auf 30000 kg erhöht werden.

1) Engineering 1875, II, p. 162

anspruchnahme bei Kies- und Sandboden zwischen 2,5 und 3,5 kg pro qcm angenommen werden.

Zur Unterstützung des Brunnenmauerwerks beim Senken (vergl. auch den II. Abschnitt, S. 279) dienen *Brunnenkränze* von Holz oder Eisen.

Hölzerne Kränze werden aus 2—3 Bohlenlagen nach der gegebenen Grundrißform zusammengesetzt und durch Bolzen und Nägel verbunden (Taf. 61, Fig. 2).

Zur Erleichterung des Eindringens pflegt man sie jedoch gegenwärtig im Profil *keilartig* (nach Fig. 76) herzustellen, auch an der untersten Kante wohl mit einem Eisenringe zu armieren. Für größere Brunnen erhält der Kranz nicht die volle Breite des Mauerringes, sondern wird, wegen des leichtern Einsinkens, schmaler gemacht, auch das Mauerwerk nur in dieser Breite begonnen und erst durch Auskragung allmählich auf die volle Stärke gebracht. Bei bedeutender Wandstärke des Brunnens wird der Kranz ganz aus Eisen hergestellt und mit schmiedeeisernen Verstärkungsrippen, welche zur Versteifung der Kranzplatte dienen, versehen. Die *Stärke des Brunnenmauerwerkes* soll so groß bemessen sein, daß es widerstandsfähig genug ist, um den Druck des Bodens, den Wasserdruck, das Eigengewicht und die spätere Belastung mit Leichtigkeit zu tragen. Eine zu große Wandstärke würde den im Innern nötigen Raum für das Senken und Ausbaggern beschränken, auch das Ausmauern unbequem machen. Man pflegt daher kleinere Brunnen bis zu 2 m äußerem Durchmesser mit 1 Stein (0,25 m) starken Wandungen und bis zu 3,5 m Durchmesser mit $1^1/_2$ Stein starker Wandung auszuführen. Die rechteckigen Brunnen der Venloo-Hamburger Bahn sind bei 6,7 m und 4,5 m Seitenabmessung $2^1/_2$ Stein stark ausgeführt worden.

Fig. 76.

Das Mauerwerk der Brunnen wird aus scharf gebrannten Backsteinen in *Cement* ausgeführt, seltener in hydraulischem Mörtel, es wird an der Außenfläche auch mit Cement geputzt, teils um es undurchlässig für Wasser zu machen, teils um die Reibung beim Senken zu vermindern. Die dazu verwendeten Ziegeln sind keilförmig, sog. Brunnenziegel, oder sie werden in dieser Art zugehauen. Das Aufmauern erfolgt in der Regel in Absätzen, wobei zu beachten bleibt, daß dem Brunnenmauerwerk, ehe es mit dem Wasser in Berührung kommt, Zeit zum Erhärten gelassen werden muß.

Das *Senken* des Brunnens geschieht im Hochbau meistenteils vom festen Boden aus; bei den eigentlichen Wasserbauten von festen oder schwimmenden Gerüsten aus; wir werden hier nur die erstgenannte Art des Senkens näher in Betracht zu ziehen haben. Zu dem Ende wird an der Fundierungsstelle das Terrain, soweit es der Wasserandrang erlaubt, abgegraben, der Brunnenkranz verlegt und hierauf die ringförmige Mauer bis zu solcher Höhe aufgeführt, wie solche bei den jedesmaligen Verhältnissen vorteilhaft erscheint. Nach genügender Erhärtung des Mauerwerks wird mit dem Senken begonnen, und dieses bei geringer Wandstärke zur Sicherheit mit Brettern und Tauen geschient, um bei nicht ganz vertikalem Senken das Ausdrängen der Steine zu verhindern. Nachdem das im Brunnen etwa gesammelte Wasser ausgeschöpft worden ist, wird das Senken dadurch bewirkt, daß ein Arbeiter mit der Hacke oder dem Stoßeisen das Erdreich unter dem Holzkranze fortgräbt; dadurch verliert derselbe seine Unterstützung und sinkt tiefer ein. Die Erde wird durch Werfen oder Heben in Kübeln entfernt und diese Operation so lange fortgesetzt, als die Wasserbewältigung durch Pumpen oder Schöpfen nicht zu schwierig ist. Wird der Wasserandrang zu stark, so muß man zum Baggern übergehen. Bei gleichmäßigem sandigen Boden bewirkt man das Senken am besten durch Herstellung einer trichterförmigen Baggergrube, in welche der Boden unter dem Druck der Brunnenwand von den Seiten aus nachfällt. Zur Beseitigung des Bodens unter Wasser eignet sich, je nach Art und Beschaffenheit des Bodens, der Sackbohrer (Taf. 61, Fig. 6), der Trichterbohrer und die indische Schaufel (Fig. 33 u. 34), auch senkrechte Baggerapparate mit Hand- oder Dampfbetrieb (vergl. § 9, S. 330). Größere Steine, Hölzer oder andere Hindernisse werden durch die Teufelsklaue (Fig. 36), den Steinwolf (Fig. 37) oder sonstwie entfernt.

Auf Taf. 61 ist in Fig. 5 die einfachste Art der Brunnensenkung dargestellt. Der aufgemauerte Brunnen ist mit einem Gerüst bedeckt, auf welches sich die Arbeiter stellen, von hier aus den Sackbohrer hinablassen und diesen mittels eines Knebels so lange drehen, bis sich der Sack mit Boden gefüllt hat, der dann an Tauen herausgezogen wird. Als Belastung des Brunnens sind hier Mauersteine angemessen auf dem Gerüst verteilt; einfacher und gebräuchlicher ist die Belastung durch Eisenbarren. Bei einiger Übung bringen es nun die Arbeiter bald dahin, daß der Brunnen *senkrecht* hinabsinkt, oder sie suchen die stärker gesenkte Seite durch stärkeres Unterhöhlen des entgegengesetzten Teiles des Brunnenkranzes wieder in die Waage zu bringen.

Anm. Da man bei allen Brunnenfundierungen die Beobachtung gemacht hat, daß das umgebende Erdreich bei der angewandten Methode der Exkavation auch über die Grenzen des Kessels hinaus eine Lockerung erfährt, so empfiehlt es sich überall da, wo zwei oder mehrere Brunnen dicht nebeneinander abgeteuft werden sollen, dieselben *gleichzeitig* zu mauern und zu senken, weil sie — infolge der Bodenauflockerung — in der Nähe des angrenzenden Cylinders einen geringeren Widerstand finden und sich schief stellen. Bei Fundierung von Brückenpfeilern pflegt man diese Regel besonders scharf ins Auge zu fassen und dann von drei nebeneinander stehenden Brunnen zuerst die beiden äußeren zu senken und hinterher den mittleren, wobei die Widerstände immer symmetrisch ausfallen.

Ausfüllen der Brunnen. Ist der Brunnen bis auf den festen Boden hinabgesenkt, so muß die Brunnen-

sohle möglichst horizontal abgeglichen werden, ehe man an die Ausfüllung des Kessels geht. Früher pflegte man einen hölzernen Bohlenboden hinabzulassen und diesen mit großen Steinen zu beschweren, nachdem er mit Stangen fest und möglichst horizontal gelagert worden war. Dann wurden kleinere Steine und Steinbrocken, endlich hydraulischer Mörtel in Kübeln hinabgelassen und mittels langer Stangen die Lagerung der Materialien, so gut es eben anging, bewirkt, und diese Manipulation fortgesetzt, bis die Höhe der Wasserstandslinie erreicht war. Diese Methode ist auf Taf. 61, Fig. 1 unter A zur Darstellung gebracht. Aber es ist klar, daß dieselbe wenig Gewähr für eine regelrechte Umhüllung der Steine mit Mörtel gewährt und daß der letztere durch das Umrühren des Wassers ausgewaschen wird. Seit zwei Decennien ist daher ausnahmslos das Ausfüllen der Brunnen mit Beton zur Anwendung gekommen. Das Einbringen desselben geschieht mittels Kästen oder auch mit Betontrichtern und ist in § 36 eingehend beschrieben worden.

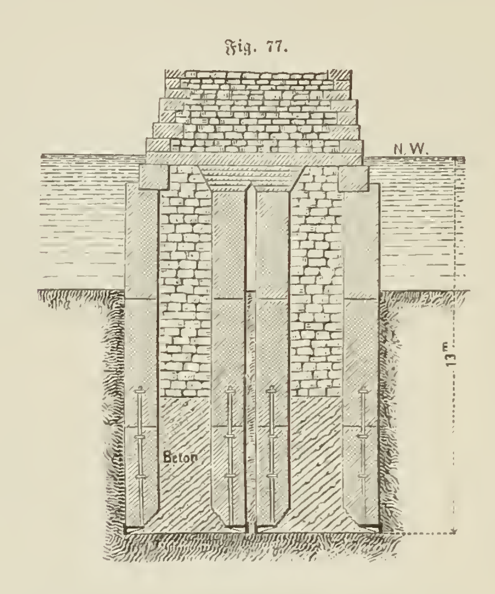
Die Stärke oder Höhe der Betonschüttung richtet sich nach der Wasserhöhe und ist so zu bemessen, daß das Betonbett nach dem Auspumpen des Brunnens dem äußeren Wasserdruck hinreichend Widerstand zu leisten vermag. Bei einem specifischen Gewicht des Betons von 1,6—2,5 muß also die Höhe der Schüttung $\frac{1}{1{,}6}$ bis $\frac{1}{2{,}5}$ der Wassertiefe betragen. Behufs Schonung des Brunnenmauerwerks macht man bei tiefen Brunnen das Betonbett reichlich stark, da der Preis der Betonierung denjenigen des Füllmauerwerks nicht so erheblich übersteigt.

Das Betonbett muß nun hinreichende Zeit zum Erhärten erhalten (in der Regel 14 Tage), dann erst kann mit dem Auspumpen des Wassers vorgegangen werden. Hiernächst erfolgt die Ausmauerung des Brunnens mit Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk. Hierbei ist das Setzen des Füllmauerwerks nicht ganz zu umgehen, es bedarf also einer sorgfältigen Ausführung desselben.

Hat sich das innere Brunnenmauerwerk erst hinreichend gesetzt, so kann mit dem weiteren Aufbau der Brunnenpfeiler begonnen werden. Zu dem Ende werden die Brunnenpfeiler etwa 0,5 m hoch mit regelmäßigen Steinen, wie solches Taf. 61, Fig. 1 bei B im Grundriß und unter C in der Ansicht zu sehen ist, übermauert und abgeglichen, dann wird das Mauerwerk eingezogen (Fig. 1 bei C und D) und das Widerlager der Bögen hergerichtet, die mit 0,5—0,75 m Pfeilhöhe ausgewölbt, hintermauert und zur Aufnahme des Sockelmauerwerks abgeglichen werden. Die Höhe der Bögen im Scheitel beträgt mindestens $1^1/_2$, besser 2 Stein und ist im übrigen abhängig von der Größe der zu tragenden Last.

Außer der Unterstützung durch Gewölbe kann die Verbindung einzelner Brunnen, welche zusammenhängende Teile eines Bauwerks unterstützen, auch durch Überkragung der Mauerschichten und durch Steinplatten, bezw. durch Quadern bewirkt werden. (Vergl. Fig. 77 Fundierung eines Brückenpfeilers auf Brunnen.)

Fig. 77.



Die Entfernung der Brunnenpfeiler voneinander richtet sich bei Hochbauten in der Regel nach der Stellung der Fensterpfeiler des Gebäudes, wie solches der Grundriß Fig. 7 auf Taf. 61 zeigt, in welchem die Brunnenpfeiler nach der üblichen Weise eingezeichnet sind. Bei freistehenden Gebäuden ist es ratsam, die Ecken des Gebäudes besonders zu verstärken, was durch paarweise vorgelegte Brunnenpfeiler geschieht, von welchen einhüftige Strebebögen gegen die Ecken des Gebäudes ausgehen.

Anm. Es verdient Erwähnung, daß die neuere Ingenieur-Wissenschaft sich seit etwa 20 Jahren auch eiserner Versenkungskörper bedient hat, in der Regel weiter, eiserner, oben offener Cylinder, wie an der Theißbrücke zu Szegedin und der Brücke über den Niemen bei Kowno, bei welcher der französische Ingenieur Cézanne pneumatische Fundierung zur Anwendung brachte. Die gußeisernen Röhrencylinder blieben oben offen, und das Aufsetzen der Röhrentrommeln geschah von einem Gerüst aus. Von hier wurde auch das Verlängern der Luftschächte, das Versetzen der Glocke mit den Luftschleusen vorgenommen. Die Hebung des Bodens geschah in Kübeln. — Nachdem so die Röhren bis zur erforderlichen Tiefe gesenkt waren, wurde zuerst der untere Arbeitsraum mit Beton gefüllt und nach Fortnahme der Decke des Luftraumes und der Schächte ist dann auch der obere Teil der Röhren mit Beton gefüllt worden. (Vergl. Zeitschrift für Bauwesen 1863, S. 371.)

Auch die inzwischen eingestürzte Tay-Brücke in Schottland, bei welcher man die eisernen Brunnen durch Backsteinmauerwerk ausgefüttert hatte, um dem Eisen genügende Steifigkeit zu geben, ist hier zu nennen. Dieselbe ist in den Jahren 1871—1878 ausgeführt. Die Cylinder wurden am Ufer vollständig montiert; man fuhr sie auf Prahmen an die Baustelle und ließ sie durch die Ebbe auf den Grund senken, setzte Luftschleusen auf und bewirkte das weitere Versenken mittels komprimierter Luft in der gewöhnlichen Weise.

Es wird genügen, diese Methode hier kurz erwähnt zu haben. Ausführliche Mitteilungen über das letztgenannte Bauwerk finden sich in den Jahrg. 1878 und 79 von „Engineering“, „The Builder“ und in „Glaser's Annalen“.

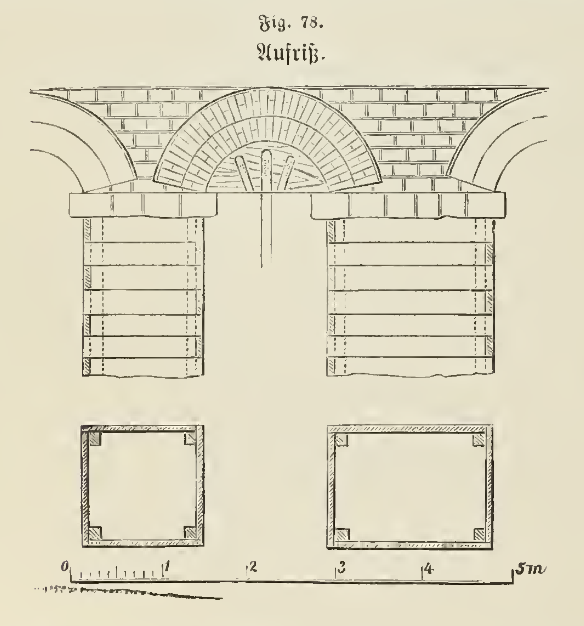
§ 41.

Gründung mittels hölzerner Senkkasten.

Bei nicht zu großer Tiefenlage des Baugrundes finden mitunter hölzerne Senkbrunnen, sog. „Senkkasten“, Anwendung, deren Wandungen nicht einen Teil des Fundamentes bilden, nicht selbst tragen, sondern nur das Fundamentmauerwerk schützen und gegen das anliegende Terrain abschließen sollen, im übrigen aber, wie die Brunnen, versenkt werden.

Bei einfachster Anordnung fertigt man sie aus 4 cm starken vertikalen Bohlen, welche an der Innenseite durch Leisten und Streben verbunden sind und durch provisorische Spreizen gestützt werden. Bei größerem Durchmesser werden die Bohlen horizontal angeordnet und durch Eckstiele in ihrer Lage erhalten. Die Kästen werden vom Zimmermann in der Art angefertigt, daß das Hirnholz der an die Eckstiele angenagelten 4 cm starken Bohlen wechselsweise auf der einen Seite freiliegt, auf der anderen von einer Bohle bedeckt wird (Fig. 78). Um das Einsenken möglichst

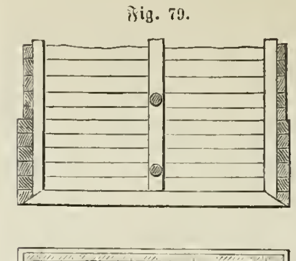
Fig. 78.
Aufriß.



zu fördern, sind die 4 Stiele an ihrem unteren Ende, auch die unterste Lage Bohlen ringsumher auf der Innenseite des Kastens abgeschrägt, auch macht man sie in den unteren Lagen gern stärker als in den oberen (Fig. 79).

Die Grundform der Kästen kann die des Quadrates oder Rechtecks sein und ist abhängig von der Dicke der Wand, zu deren Unterstützung die Kästen bestimmt sind, und von der Lage der Wände zu einander. Während die Breiten-Dimension der Kästen, im Lichten gemessen, die Stärke der zu tragenden Wand nach rechts und links um je 15 cm überschreitet, ergiebt sich die zweite oder Längen-Dimension nach Feststellung der zulässigen Entfernung der Kästen, welche 2,20 bis 2,50 m nicht überschreiten soll. Sind daher zwei Scheidewände etwa 3,5 m voneinander entfernt, so kann der überschüssige Zwischenraum durch Vergrößerung der Länge der Kästen auf das zulässige Maß reduziert werden, doch ist auch die Länge der Kästen nicht über 2,00 m auszudehnen. Wo Wände zusammentreffen, außerdem an den Ecken des Gebäudes, sind Kästen von größerer Dimension nötig, doch überschreitet man das Mittelmaß selten um mehr als um 0,80—1,20 m. So ergiebt sich eine Verteilung der Kästen, wie solche der beistehende Grundriß (Fig. 80) zeigt.

Fig. 79.



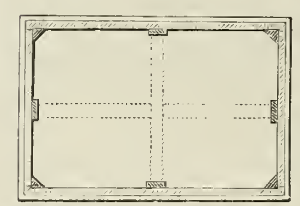
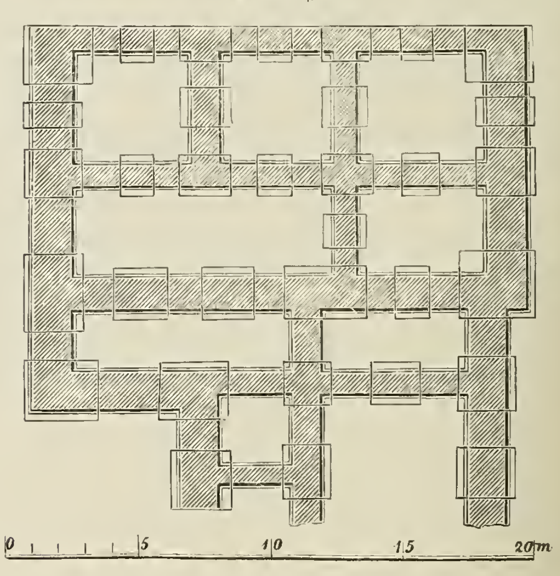


Fig. 80.
Grundriß.



Vor dem Versenken eines Kastens pflegt man die oberen Bodenschichten zunächst so weit abzugraben, als es nach Beschaffenheit des Baugrundes und des Wasserstandes thunlich ist, und dann den Kasten aufzustellen. Hierauf kann ein Arbeitsmann leicht das Einsenken um 60—70 cm bewirken, indem er die vierte oder fünfte Bohle auf einer Seite des Kastens losschlägt und durch die Öffnung so lange Boden hinauswirft, bis Grundwasser und Morast die Anwendung des Spatens ausschließen. Bei dem folgenden Bohren mit

dem Sackbohrer ist die Arbeit genau derjenigen beim Senken von Brunnen gleich; durch Fluchtschnur und Lot ist dabei die Arbeit zu kontrollieren. Vor dem Ausbohren ist der Kasten mit Kreuzhölzern und Brettern abzudecken, so daß nur eine Öffnung von 80 cm im Quadrat bleibt, durch welche das Heraufwinden des Sackbohrers ermöglicht ist. Das Belasten des Kastens erfolgt mit Eisenbarren. Ist der tragfähige Baugrund erreicht, so erfolgt das Einschütten von Beton auf Höhe von 1—1,25 m, wozu Cement, scharfer Mauersand und Steinbrocken erforderlich sind. In Berlin wählt man dazu kleingeschlagene, hartgebrannte Ziegeln.

Hat man dem Beton 5—6 Tage Zeit zum Erhärten gelassen, so findet, nach Auspumpen des Wassers, die Ausmauerung des Kastens mit Klinkern in Cementmörtel statt.

Die Verbindung der einzelnen Kästen wird durch Wölbung hergestellt; zu diesem Zweck pflegt man die Kämpferschichten nach jeder Seite der Bogenöffnung etwa 15 cm vorzuziehen. Darauf werden in einem Abstande gleich der lichten Entfernung der Kasten 2 Lehrbögen gestellt (Fig. 78) und durch ein Brettstück verbunden. Eine unten zugespitzte Latte ist mit dem Bogen verbunden, sie reicht bis in die Erde hinab und giebt ihm unverrückbare Stellung. Auf dieser ist auch der Mittelpunkt durch einen Nagel bezeichnet. Beim Wölben wird dann die Fugenrichtung der Schichten mit der Schnur (Leier) bestimmt. Der Zwischenraum der Bögen wird mit Erde ausgefüllt und dadurch die Verschalung gespart. Die Wölbstärke der Bögen beträgt 2 Stein.

Eine ausgedehnte Anwendung der Kastenfundierung wurde beim Bau der Nationalgallerie in Berlin gemacht (1866). Hier bestand der auszuhebende Boden aus etwa 3 m Humus, darauf folgte ein 1—3 m mächtiges Lettenlager, dessen Hauptbestandteil Infusorien waren, dann 0,5 m Torf und darunter der kiesartige Sandboden, der genügende Tragfähigkeit zeigte. Der Sommerwasserstand gestattete das Ausschachten der Baugrube bis zu 4 m Tiefe, und es wurden daher, bei 7—8 m Gesamttiefe des Fundamentes, die hölzernen Kästen 3—4 m hoch gewählt; sie erhielten unter den Umfassungsmauern Abmessungen von 2,8 × 5,2 m, unter den Ecken des Gebäudes von 3,5 × 6,6 m. Bei der günstigen Beschaffenheit der oberen Bodenschichten genügte es, die Kastenwände aus nur 4 cm starken Brettern herzustellen. Die Lettenschicht begünstigte das trockene Ausheben des Bodens bis zum Grundwasserspiegel, so daß nur die letzten 2—2,5 m unter Wasser (mit dem Sackbohrer) beseitigt wurden.

Die Ausfüllung der Brunnen erfolgte bis auf 1,3 bis 1,6 m Höhe mit Beton, einer Mischung von 1 Raumteil Portland-Cement, 1 Teil Sand und 6,4 Teilen Steinbrocken, welche 7,4 Volumteile Beton ergaben. Der Raum über dem Beton wurde, wie oben, durch Kalkstein-Mauerwerk ausgefüllt und die einzelnen Brunnenpfeiler durch Erdbögen verbunden.

Eine der Versenkung hölzerner und eiserner Brunnen ähnliche Fundierungsmethode ist diejenige mittels „Caissons“, d. h. kastenartig verbundener größerer Wände aus Holz oder Schmiedeeisen, welche zur Umhüllung der Baugrube auf den Baugrund hinabgelassen werden. Sie sind fast nur zur Fundierung von Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, namentlich da, wo der gute Baugrund von leichten Bodenschichten überdeckt war, die dem Eindringen der Umschließungskörper wenig Widerstand entgegensetzten. Die Versenkung erfolgt in der Regel zwischen 2 Schiffen. Da diese Konstruktion recht eigentlich nur dem Gebiete des Wasserbaues angehört, kann sie hier füglich außer acht bleiben.

§ 42.

Rückblicke. Die in den vorhergehenden Kapiteln besprochenen Gründungsarten sind im allgemeinen auf wenige Fälle zurückzuführen.

I. Der Baugrund ist nachgiebig.

a) Wenn die Fundamentsohle dabei unter dem niedrigsten Wasser belegen ist, wird der **Schwellrost** wohl am Platze sein, da er eine leicht ausführbare Verbreiterung der tragenden Fläche und eine gute Basis für das Mauerwerk gewährt. Bei sehr ungleichmäßigem Boden sind Probebelastungen des Fundaments vorzunehmen.

b) Bei wenig tragfähigen Böden und bei bedeutender Erhebung des Bauwerks über den festen Boden, gleichzeitig als Fundamentverbreiterung bei nicht starker Belastung, ist die **Sandschüttung** indiziert. — **Steinschüttung** dagegen bildet bei thonigem Untergrund lediglich ein Mittel zur Verdichtung des Bodens.

II. Die Last des Mauerwerks muß auf tiefliegende Schichten übertragen werden.

Hier behält die altbewährte Fundierung auf **Pfahlrost** ihre volle Bedeutung, namentlich mit einer neueren Modifikation, welche bei genügender Festigkeit der oberen Bodenschichten sehr zu empfehlen ist, nämlich mit der Abänderung, den hölzernen Rostbelag durch eine Betonlage zu ersetzen.

III. Das Fundament muß bis auf den tiefliegenden, festen Baugrund hinabgeführt werden.

a) Ist der Boden gleichmäßig und leicht durch Baggern zu entfernen, so wird bis zu bedeutender Tiefe die **Brunnenfundierung** gute Resultate liefern, bei ungleichmäßigem Boden und wo Hindernisse vorkommen, da verliert sie ihren Wert.

b) Bei geringerer Tiefenlage des festen Baugrundes und zwischen fest umschließenden Pfahlwänden werden auch

Betonfundamente bis zu großer Flächenausdehnung mit Nutzen angewandt.

Sonstige, seltener verwandte Gründungsarten haben für die Zwecke des Hochbaues einen relativ geringen Wert und können daher hier übergangen werden.

Vierter Abschnitt.

Die Bauführung.

Zur Leitung großer und komplizierter Bauwerke, an welchen im Interesse rascher Förderung viele Bauarbeiter beschäftigt sind, gehört nicht allein genaue Kenntnis der Baukonstruktionen und Baumaterialien, sondern auch Umsicht, Aufmerksamkeit und vor allem eine Summe von Erfahrungen, welche der angehende Baumeister sich in der Regel erst erwerben soll. — Wir werden uns demnach die Aufgabe stellen, jene Grundsätze festzustellen, welche den leitenden Architekten auch ohne vorherige jahrelange Erfahrungen in den Stand setzen, Bauausführungen zu übernehmen und mit Geschick zu leiten.

Die erste Anforderung, welche an Architektur-Schöpfungen überhaupt, namentlich aber an Monumentalbauten gestellt werden muß, ist Solidität. In diesem Sinne verdienen die Denkmäler des klassischen Altertums unsere volle Beachtung, denn durch Gediegenheit des Materials und Sicherheit der Konstruktion haben dieselben Jahrtausende überdauert! Mögen sie ein Sporn sein für die lebende Generation, auch ihrerseits ehrenvolle Zeugnisse des baulichen Schaffens den nachkommenden Geschlechtern zu hinterlassen.

Ein höchst bedeutender Anlauf dazu ist in den mächtigen Bauten für den internationalen Verkehr bereits genommen. Ihnen stellen sich die neueren Monumental-Ausführungen des Staates und der Kommunen zur Seite, welche das freudige Streben nach stylvoll konstruktiver Behandlung und das Vermeiden jeder Scheinkonstruktion erkennen lassen. Dieses Streben nach Wahrheit aber ist es, welches auch den modernen Meister befähigen wird, seinen Werken einen mehr als ephemeren Wert zu verleihen!

§ 1.

Vorarbeiten.

Ehe wir zur Beschreibung der einzelnen Stadien der Bauausführung übergehen, ist mit einigen Worten der Vorarbeiten zu gedenken, welche vor Beginn des Baues erforderlich sind. Dahin gehört zunächst die Aufstellung eines „Bauprogrammes“. Je bestimmter und klarer dasselbe gefaßt ist, um so leichter ist die Aufgabe zu lösen, um so zutreffender kann das Bauwerk dargestellt werden. Es bedarf hierzu einer doppelten Vorarbeit: nämlich einer bildlichen Darstellung durch Zeichnung (Bauentwurf) und einer erläuternden Beschreibung nebst Ermittelung der aufzuwendenden Kosten — der Veranschlagung. Je nach dem verfolgten Zwecke unterscheidet man: Kostenüberschlag und Kostenanschlag. Mit dem ersteren, dem Kostenüberschlage, wird gewöhnlich eine Bauausführung eingeleitet, und der Entwurf erhält dabei die leichtere Form der Skizze.

Ist die Skizze später zum vollständigen Entwurfe ausgearbeitet, so wird auf Grundlage des letzteren ein specieller Kostenanschlag angefertigt. Nun erst ist ein genauer Überblick der Baukosten möglich, und gleichzeitig wird dadurch eine Beschreibung der Bauausführung in allen Einzelheiten gegeben, so daß hiermit eine genaue Direktive für die Ausführung vorhanden ist.

§ 2.

Die Grundlage des Kostenanschlages bilden aber die Zeichnungen oder Baupläne. Hierzu gehört:

a) Der „Situationsplan“ oder „Lageplan“ des Bauplatzes. Derselbe wird gewöhnlich in $1/_{500}$ der natürlichen Größe aufgetragen. Ist eine ganze Gruppe von Gebäuden auszuführen, so werden diese nur in Umrissen in den Lageplan eingezeichnet, um daraus die Stellung der einzelnen Gebäude zu einander ersehen zu können.

Anm. Ist der Bauplatz uneben, so ist das Längengefälle nach der Hauptausdehnung des Bauplatzes, auch, in einer darauf rechtwinkligen Richtung, das Quergefälle desselben aufzunehmen und in angemessenem Maßstabe (1 : 100) dem Lageplane beizufügen.

Bei stark unebenem Boden sind diese Terrain-Höhenlinien nach Bedürfnis zu vermehren, wobei sich sämtliche Tiefen auf einen Horizont beziehen müssen.

b) Die „Grundrisse“ der einzelnen Geschosse mit zugehörigen Balkenlagen und einer Darstellung des Dachgebälkes, wozu meistens ein Maßstab von 1 : 100 ausreicht. Für die weitere Ausführung ist jedoch der doppelte Maßstab (1 : 50) vorzuziehen. Diese letztgenannten Pläne nennt man: „Werkpläne“.

c) Die „Ansichten“. Bei Gebäuden von gewöhnlicher Konstruktion und einfachen Architekturformen genügt der Maßstab 1 : 100 auch für die Ansichten; bei reicheren Architekturen und ungewöhnlichen Konstruktionen sind größere Maßstäbe und für die wichtigsten Bauteile Detailzeichnungen in größerem Maßstabe (1 : 10) nötig. Für die Veranschlagung sind indessen Details in solcher Vollständigkeit wie für die spätere Ausführung noch nicht nötig und genügen hier Handskizzen, welche dem Text des Anschlages beigefügt werden.

d) Die „Durchschnitte“. Aus ihnen sind die Mauerstärken, die Höhenmaße der Etagen und die Deckenkonstruktionen zu ersehen. Gewöhnlich zeichnet man dieselben im Maßstabe der Ansichten.

e) Die „Detailzeichnungen“ endlich umfassen die Konstruktionen der Gesimse, Fenster, Thüren, Treppen, Balkone, Säulen ꝛc. Aus ihnen werden beim Fortschritt des Baues die Profile in wirklicher Größe, die sogenannten „Schablonen“, hergestellt.

Von Wichtigkeit in den Grundrissen und Durchschnitten ist endlich das Einschreiben der notwendigsten Maße. Dies bezieht sich insbesondere bei den Grundrissen auf die Längen- und Breitenmaße der Räume, die Hauptabmessungen der Baufronten, die Mauerstärken und bei den Durchschnitten auf die Etagenhöhen.

Die durchschnittenen Mauern sind mit Lasurfarben (nicht mit Deckfarben) anzulegen. Für die Fassaden ist die Darstellung in Linien zu empfehlen. Farbige Darstellung empfiehlt sich nur für die „Perspektive“.

§ 3.

Der „Kostenanschlag“ soll nicht nur mit möglichster Sicherheit

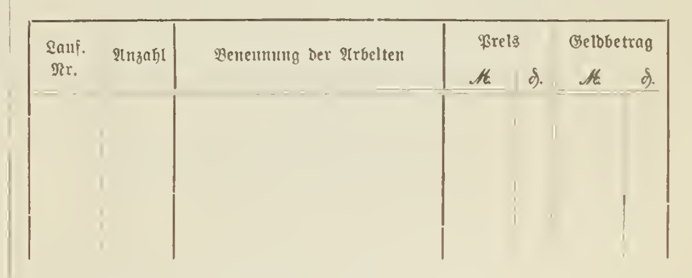
a) die aufzuwendenden Gesamt-Baukosten und diejenigen der einzelnen Arbeiten und Baustoffe, aus denen die Ausführung sich zusammensetzt, angeben, sondern er soll auch

b) in Zusammenhang mit den Zeichnungen ein genaues Bild der beabsichtigten Bauausführung geben, soll nach Art, Maß und Zahl die Stoffe bezeichnen, welche zur Verwendung kommen und die Methode der Ausführung bis ins Einzelne genau darstellen, so daß der Text des Anschlages dem Bauausführenden als feste Richtschnur für die Arbeiten dienen kann.[1])

Wenn insbesondere die Bauausführung in die Hand von Unternehmern gelegt werden soll, bildet der Kostenanschlag die Grundlage der zwischen Bauherrn und Unternehmer abzuschließenden Verträge.

Zur Aufstellung der Kosten eines solchen, zunächst in der Idee bestehenden Gebäudes ist nun die genauefte Ermittelung der anzuliefernden Materialmassen und Fuhrlöhne nötig; die umfangreichen Leistungen der einzelnen Werkmeister sind speciell zu ermitteln und aufzuzählen. Das aber ist — namentlich bei größeren Bauwerken — eine schwierige und zeitraubende Arbeit, welche Übung und Erfahrung voraussetzt und von dem Veranschlagenden große Ruhe und Geduld erfordert. Für jüngere Architekten ist das Veranschlagen daher ein sehr wenig beliebtes Geschäft, welches in der Regel erst geübt wird, wenn die Notwendigkeit der Praxis dazu zwingt. Aber es giebt auch kaum ein besseres Mittel, sich in das Wesen der Baupraxis einzuarbeiten, als die Bearbeitung eines Kostenanschlages.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Form des Anschlages. Damit man sich möglichst leicht darin zurechtfinden kann, muß er nach einem bestimmten, erprobten Muster aufgestellt werden und eine regelmäßig wiederkehrende Einteilung erhalten. Man wählt daher für den Anschlag die tabellarische Form und teilt die Seite nach folgender Art in Längsspalten ein:



Lauf. Nr.	Anzahl	Benennung der Arbeiten	Preis		Geldbetrag	
			ℳ	₰	ℳ	₰

Spalte 1 enthält die laufende Nummer der einzelnen Anschlagssätze; Spalte 2 die Zahlen, welche die Quantität der Arbeit oder des zu liefernden Baustoffes angeben und gewöhnlich „Vordersätze“ genannt werden. Spalte 3 enthält die wörtliche Beschreibung der einzelnen Arbeiten und Baustoffe; Spalte 4 den Preis jeder Arbeit oder jedes Baustoffs, und Spalte 5 giebt das rechnerische Resultat aus den Zahlen der Spalten 2 und 4.

Die laufenden Nummern der Spalte 1 werden zweckmäßig durch den ganzen Anschlag — ohne Rücksicht auf die Einteilung in Titel — fortgeführt, so daß jeder Vorder-

1) Betreffs der speciellen Einrichtung der Kostenanschläge verweisen wir auf die bekannten Werke: Manger, Hülfsbuch zur Anfertigung von Bauanschlägen. 4. Aufl. Berlin 1879 und Schwatlo, Handbuch zur Anfertigung von Bauanschlägen. 6. Aufl. Halle 1874. 8.

satz seine zugehörige Nummer erhält, also nicht mit einem anderen verwechselt werden kann.

Einteilung in Titel. Da bei jeder Bauausführung sehr verschiedene Werkleute zusammenarbeiten müssen, teilt man den Anschlag in so viele Abschnitte ein, als Bauhandwerker an der Herstellung teilnehmen. Am Schlusse fügt man dann noch einen Abschnitt hinzu, welcher alle die Arbeitsleistungen enthält, welche einem bestimmten Handwerk nicht angehören, oder doch zu gering sind, um einen besonderen Abschnitt für sich in Anspruch zu nehmen. Dahin setzt man dann auch in der Regel diejenigen Kosten der Bauverwaltung und Bauaufsicht, welche sich schon vorher bestimmt ermitteln lassen, als: Tagegelder für Baumeister, Bauführer, Bauaufseher, Wächterlöhne, Kosten für Schreib- und Zeichenmaterialien, Reinigen des Baues und Aufräumen der Baustelle, Beleuchtungskosten, Kosten des Wetterschutzes für den Winter u. dgl. an. Für nicht vorhergesehene Mehrausgaben wird endlich eine Pauschalsumme (gewöhnlich ein Prozentsatz der totalen Kostensumme) berechnet.

Nach der Dienstanweisung für die preußischen Baubeamten und die Baubeamten des Deutschen Reiches ist der Kosten-Anschlag zweckmäßig nach folgenden Titeln zu ordnen:

I. Erdarbeiten.
II. Arbeiten zur künstlichen Befestigung des Baugrundes.
III. Arbeiten des Maurers.
IV. " " Steinmetzen.
V. " " Zimmermanns.
VI. " " Dachdeckers.
VII. " " Pflästerers (Dammsetzers).
VIII. " " Brunnenmachers.
IX. " " Schmiedes.
X. " " Klempners und Kupferschlägers (Blechschmieds).
XI. " " Tischlers.
XII. " " Schlossers.
XIII. " " Glasers.
XIV. " " Staffierers und Stubenmalers.
XV. " " Tapeziers, Stuckateurs, Vergolders.
XVI. Ofenarbeiten und Heizungs-Einrichtungen.
XVII. Eisengußarbeiten.
XVIII. Gas- und Wasserleitungsanlagen, Haustelegraphie.
XIX. Bauführungskosten.
XX. Insgemein. (Extraordinarium.)

Nach diesen Titeln getrennt, sind die einzelnen Teile der Bauausführung im Kostenanschlage in Betracht zu ziehen, und zwar sowohl hinsichtlich der zu verwendenden Stoffe (Baumaterialien) als nach dem Zeitaufwand resp. der Arbeitskraft, welche das Bauwerk in Anspruch nehmen wird.

Deshalb ist für jede Veranschlagung erforderlich:

1) die Ermittelung der Baustoffe,
2) " " " Arbeiten.

Sind die Baustoffe von solcher Bedeutung, daß sie gesondert angekauft werden können, so stellt man dieselben (wie in den Titeln II bis VI) in besonderen Unterabteilungen zusammen. Bei den Arbeiten des Schmiedes, Schlossers, Stuckateurs ꝛc. erfahren die Rohstoffe jedoch eine so weitgehende Bearbeitung, daß man dem Werkmeister, der die Arbeit übernimmt, auch die Lieferung der Materialien überträgt, also die letzteren im Kostenanschlage nicht besonders aufführt.

Massenberechnung. Zum Zweck einer leichten und übersichtlichen Anordnung des Anschlages ist es gewöhnlich notwendig, die Quantität (Masse) der zu leistenden Arbeiten resp. Materialien zu ermitteln. Eine solche Massenberechnung nimmt oft sehr bedeutende Arbeit in Anspruch; auch für diese wird die tabellarische Form gewählt, am besten in folgender Art:

Pos.-Nr.	Stückzahl	Gegenstand	Länge m	Breite m	Flächen-Inhalt qm	Höhe m	Körper-Inhalt cbm

Sind die Rauminhalte, Flächeninhalte, Längen ꝛc. ermittelt, so ergeben sich nach bestimmten Normen die Quantitäten der Zuthaten (Materialien) jeder Art, deren Beschaffenheit und Preis im Kostenanschlage näher aufgezeichnet wird. Die Baumaterialien werden übrigens gewöhnlich in einer besonderen Tabelle, in welcher jedem Stoffe eine eigene Spalte eingeräumt ist, zusammengestellt.

In größeren Anschlägen wird die Massenberechnung von der eigentlichen Veranschlagung ganz getrennt und erstere gewöhnlich als Anhang oder Einleitung zu derselben aufgeführt. — In Anschlägen von geringem Umfange kann diese Berechnung jedoch im Text des Kosten-Anschlages geschehen.

Bau-Preise. Die Ermittelung der Preise für zu liefernde Baustoffe und Arbeiten bildet den wichtigsten Teil der Veranschlagung. Die ersteren sind bekanntlich erheblichen Schwankungen unterworfen und von Handelskonjunkturen abhängig. Schwieriger noch stellt sich das Verhältnis in Bezug auf die Leistungsfähigkeit der Arbeiter, wobei der Normal-Arbeitstag von 10 Stunden zu Grunde zu legen ist. Für diesen Arbeitstag wird dann der, durch Nachfrage

und Angebot geregelte, Arbeitslohn berechnet, welchen der Arbeiter erhält.

Die Höhe desselben ist verschieden und bei den gelernten Arbeitern (Handwerkern) höher als für die gewöhnlichen Arbeiter (Tagelöhner).

Da die Handlanger gewöhnlich nicht unmittelbar von der Verwaltung angestellt werden, so ist bei dem reinen Tagelohne des einfachen Arbeiters eine Zulage für den Meister von 10—15 Prozent hinzuzurechnen; dadurch erhält man das Tagewerk des Arbeiters.

Die gelernten Arbeiter (Gesellen, Gehilfen) haben eigenes Handwerkszeug und erhalten einen höheren Tagelohn als die erstgenannte Kategorie. Dazu ist noch das sogenannte Meistergeld mit 15—20 Prozent hinzuzusetzen. Gesellen, welche beim Meister in Kost sind, erhalten einen geringeren Tagelohn.

Aber bei aller Mühe der Bauleitung werden die Preise der Bauarbeiten selten den thatsächlichsten Verhältnissen entsprechen, denn in den meisten Fällen liegt eine geraume Spanne Zeit zwischen Veranschlagung und Ausführung. In dieser Zwischenzeit können die Konjunkturen des Arbeits- und Materialmarktes wesentlich andere sein. Häufig beeinflußt schon die Jahreszeit die Preise in erheblichem Maße. Für die Bauausführungen des Staates ist daher die Bestimmung getroffen, daß durch das sogenannte Ausbietungsverfahren die Konkurrenz der Unternehmer angeregt werden soll. Unterschiede von 20—25 Prozent zwischen Meist- und Minder-Gebot sind hierbei nicht ungewöhnlich.

§ 4.

Der Erläuterungsbericht.

Soll ein Kostenanschlag vollständig sein, so darf ihm ein Erläuterungsbericht nicht fehlen, welcher gewöhnlich als Einleitung vorangeschickt wird. — Für Bauausführungen, welche von Staats- oder anderen Behörden, von Gesellschaften u. s. w. ins Werk gesetzt werden, wird eine derartige Erläuterung um so notwendiger, als der Entwurf von mehreren Personen durchgesehen und gebilligt werden muß, auch die Geldbewilligung oft von Mehrheitsbeschlüssen abhängig ist. — Für die Bauausführungen des Deutschen Reiches sind bestimmte Formen und eine gewisse Reihenfolge des Inhaltes vorgeschrieben, welche wir als Anhaltspunkte mitteilen wollen. — Danach soll in dem Erläuterungsberichte besprochen werden:

a) Dienstliche Veranlassung zur Aufstellung des Projektes. Angabe der Gründe, aus welchen der Bau für nötig erachtet worden; der Räume oder sonstigen Erfordernisse, welche durch denselben beschafft werden sollen; des Zeitraumes, innerhalb dessen die Ausführung beabsichtigt wird, und der zur Verfügung gestellten Bausumme.

b) Beschaffenheit der Baustelle mit Bezug auf Situations- und Nivellementszeichnungen; Rechtfertigung der Wahl der Baustelle; Beschreibung der zur Einfriedigung, Regulierung oder Entwässerung derselben etwa nötigen Arbeiten und Vorrichtungen.

c) Beschaffenheit des Baugrundes. Angabe der zur Erforschung desselben benutzten Hilfsmittel; gutachtliche Äußerung über die Tragfähigkeit resp. über die zur hinreichenden Befestigung desselben erforderlichen Anforderungen.

d) Bauprojekt und Baukosten. Motivierung der Anordnungen der Grundrisse und Ansichten, der Haupt- und Nebeneingänge, der Höhenlage der untersten Fußböden in Beziehung auf das äußere Terrain, der verschiedenen Geschoßhöhen, sowie der zur Verhütung von Kapillarfeuchtigkeit, Hausschwamm, Fäulnis und sonstigen Gebäudekrankheiten etwa notwendigen Vorsichtsmaßregeln; Nachweis der durch den Entwurf beschafften Räumlichkeiten, mit Bezug auf das sub a) angegebene Bedürfnis und mit Hinweisung auf die Zeichnungen. Angabe der Gesamtsumme der Kostenberechnung und Motivierung der etwa nötigen Überschreitung der verfügbaren resp. der durch Überschläge vorläufig berechneten Summe. Angabe der Baukosten im Verhältnis zu der Grundfläche oder zu der Länge der Bauwerke; Vergleichung dieses Kostenverhältnisses mit denen anderer Ausführungen in demselben Baukreise.

e) Bauart: Begründung der getroffenen Wahl hinsichtlich der Materialien und ihres Transportes, sowie der Standfähigkeit der Konstruktionen und der Festigkeit, Dauer, Feuersicherheit und Gesundheit, auch in Bezug auf die unter allen Umständen notwendige Schonung der Kosten; Beschreibung des Materials und der Arbeit zu allen wesentlichen und eigentümlich konstruierten und geformten Gegenständen der Architektur und des inneren Ausbaues, namentlich der Gesimse, der plastischen Ornamente, der Treppen, Fußböden, Thüren, Fenster, Öfen, Herde, Wand- und Deckenbekleidungen u. s. w. in der Reihenfolge der Titel und mit Hinweisung auf die einschlagenden Positionen der Kostenberechnung und auf die Detailzeichnungen, welche letztere nötigenfalls durch Handzeichnungen mit eingeschriebenen Maßen am Rande des Berichts zu ergänzen sein werden.

f) Bauausführung: Angabe und Begründung der Modalitäten, unter denen die Ausführung des Baues beabsichtigt wird: ob im Wege der Generalentreprise oder in dem der Submission durch verschiedene Lieferanten und Handwerker, oder gegen Tagelohn auf Rechnung; Beschreibung der Folgereihe und des Kon-

trollverfahrens, unter welchen die verschiedenen Lieferungen und Arbeiten ohne nachteilige Übereilung, innerhalb des (nach a) gegebenen Zeitraumes ausgeführt werden sollen, mit Rücksicht auf die vor der Benutzung des Gebäudes notwendige Austrocknung aller Teile desselben. Motivierung der etwa für nötig erachteten Bauführungskosten, namentlich der Umstände, welche in solchen Fällen den beteiligten Distriktsbeamten verhindern, die specielle Leitung und Rechnungsführung des Baues selbst zu übernehmen. Motivierung der Kosten des Titels XIX.

g) Bauabnahme: Angabe des Zeitpunktes der Bauabnahme und der schließlichen Regulierung der Geldforderungen der Unternehmer, mit Rücksicht auf die eintretenden Modalitäten bei vorkommenden Abweichungen von dem Projekte, sowie bei tadelhafter, verspäteter oder gänzlich unterbliebener Ausführung verdungener Lieferungen und Arbeiten.

Aus dem Erläuterungsberichte, welcher Vorrede und Einleitung bildet, aus der Massen- und Materialberechnung, welche die rechnerische Grundlage darstellen, und aus der Kostenberechnung nebst Einzelbeschreibung der Baubestandteile stellt sich der gesamte Kostenanschlag zusammen.

Anm. Schließlich sei bemerkt, daß alle an vorgesetzte Behörden und Beamten gerichteten Schreiben auf in der Mitte gebrochenen Bogen geschrieben werden, so daß die linke Hälfte desselben für die Überschriften, namentlich aber für Bemerkungen, Berichtigungen der Revisoren oder Randverfügungen (Marginal-Verfügungen) der vorgesetzten Behörden freibleibt. Alle unnützen Titulaturen fallen dabei fort. — Jede Ausarbeitung ist endlich mit Datum, Namen und Amtscharakter des Verfertigers und des Revisors zu versehen.

§ 5.

Verdingung der Bauten und Form der Baukontrakte.

Sobald der Kostenanschlag zu einem Baue von dem Bauherrn (resp. der zuständigen Gemeinde- oder Staatsbehörde) genehmigt worden ist, handelt es sich zunächst um die Art der Verdingung an die betreffenden Unternehmer und Lieferanten. Es können nun beim Vergeben der Arbeiten resp. Materiallieferungen folgende Wege eingeschlagen werden:

1) Die Arbeiten werden „auf Rechnung“ nach verabredeten Akkordsätzen in Tagelohn, die Lieferungen nach verabredeten Einzelpreisen und später festzustellenden Massenbeträgen vergeben.

Diese Art Ausführung ist eine durchaus solide, aber meist nicht billige, erfordert auch eine sehr sorgfältige Überwachung des Baues.

2) Die sämtlichen Arbeiten und Lieferungen zur fertigen Herstellung eines Baues werden einem Generalunternehmer übertragen.

Bei einer derartigen Vergabe wird meistens am billigsten gebaut, auch weiß der Bauherr die Kosten genau vorher und kann sich in Bezug auf die fertige Herstellung zu einer bestimmten Frist durch Vertragsparagraphen sichern.

Andererseits ist hierbei aber die strengste Aufsicht eines bei der Entreprise unbeteiligten Sachverständigen nötig, um den Bauherrn vor schlechter Ausführung und Verwendung unbrauchbarer Materialien zu sichern.

3) Die verschiedenen Arbeiten und Lieferungen werden nach ihren Arten gesondert vergeben. Es ist dies im allgemeinen das übliche Verfahren.

Die Verdingung kann stattfinden:

a) mündlich, im Licitations-Verfahren;
b) schriftlich, im Submissions-Verfahren;
c) im Wege beschränkter Submission, indem man bewährten Unternehmern Anschlags-Extrakte der betreffenden Arbeiten ohne Preise zuschickt, in welche sie ihre Preisofferten einzusetzen und versiegelt einzusenden haben.

Bei Privatbauten kann die Ermittelung geeigneter Unternehmer nach Verabredung mit dem Bauherrn „aus freier Hand“ erfolgen. Für Staatsbauten[1]) dagegen dürfen nur Arbeiten und Lieferungen unter Ausschluß jeder Ausschreibung an einen ausgewählten Unternehmer vergeben werden:

1) bei Dringlichkeit des Bedarfs;
2) bei Gegenständen, deren überschläglicher Wert den Betrag von 500 Mark nicht übersteigt;
3) bei Leistungen und Lieferungen, deren Ausführung besondere Kunstfertigkeit erfordert.

Verfahren bei Ausschreibungen für Staatsbauten.

Öffentliche Ausschreibungen werden in zweckentsprechender Weise durch die Zeitungen bekannt gemacht. — Für die den Ausschreibungen zu Grunde liegenden Bedingungen und Zeichnungen sind — wenn sie auf Wunsch der Bewerber verabfolgt werden — die Selbstkosten zu entrichten.

Der in den Ausschreibungen anzuberaumende „Termin“ ist so zu wählen, daß den Unternehmern hinreichende Zeit zur Vorbereitung bleibt. Für kleinere Arbeiten und leicht zu beschaffende Lieferungen wird eine 14tägige Frist, für größere Arbeiten werden 4—6 Wochen erforderlich sein. In dem festgesetzten Termine, welcher in Gegenwart der erschienenen Bewerber abzuhalten ist, hat die Eröffnung der

1) Wir folgen hier im Auszuge den unter dem 24. Juni 1880 erlassenen „Allgemeinen Bestimmungen, betreffend die Vergebung von Leistungen und Lieferungen im Bereiche des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, welche eine Regelung des Submissionswesens in Preußen bezwecken.

eingegangenen Offerten und die Aufnahme eines amtlichen Protokolls über das Ergebnis zu erfolgen. Nachgebote sind nicht zulässig.

In allen öffentlichen Ausschreibungen ist in der Regel die Auswahl unter den Submittenten auf die drei Mindestfordernden zu beschränken.

In nicht öffentlichen Ausschreibungen hat bei der Sache nach gleichen Offerten die Vergebung an den Mindestfordernden zu erfolgen. Bei allen Ausschreibungen ist die Befugnis vorzubehalten, sämtliche Gebote abzulehnen, falls keines annehmbar befunden wird.

Die Zuschlagsfristen sind in allen Fällen kurz zu stellen (nach 14tägigem bis vierwöchentlichem Zeitraume).

Abschluß der Verträge. Nach den maßgebenden Gesetzen kann bei Gegenständen, deren Wert 500 Mark nicht übersteigt, vom Abschluß eines förmlichen Vertrages abgesehen werden. Die Kosten des Vertragsabschlusses sind von jedem Teil zur Hälfte zu tragen. Bezüglich der Stempelkosten[1]) ist nach den gesetzlichen Bestimmungen zu verfahren.

Die Behörde hat im übrigen dem Unternehmer nicht weitergehende Verbindlichkeiten aufzuerlegen, als Privatpersonen sich in solchen Fällen auszubedingen pflegen, und hat bei Aufstellung der Verträge neben den Pflichten auch die entsprechenden Rechte der Unternehmer zu verzeichnen.

Sicherheitsstellung. Die Erteilung des Zuschlages kann unter Umständen von einer zu stellenden Sicherheit abhängig gemacht werden. Die Sicherheit kann durch Bürgen oder durch Kautionen gestellt werden, und zwar die Kaution in bar oder in guten Wertpapieren der deutschen Staaten zum vollen Kurswerte. Bar gestellte Kautionen werden nicht verzinst; bei Wertpapieren sind die Talons den Effekten beizufügen.

Wenn die Vertragssumme 500 Mark nicht erreicht, also die zu hinterlegende Kaution den Betrag von 50 Mark nicht erreicht, so kann auf die Sicherstellung verzichtet werden. Es ist zulässig, Kautionen bis 150 Mark erst bei der ersten Abschlagszahlung einzuziehen.

1) In Preußen unterliegen Lieferungsverträge, in denen nur Einzelpreise enthalten sind, ohne Angabe der Ausdehnung der Lieferung, dem Stempel von 1,50 ℳ für das Hauptexemplar. Bei der Schluß-Abrechnung wird der Lieferungsstempel mit 1/3 Prozent für den Betrag der gelieferten Materialien einzeln ermittelt und bezahlt.

Bau-Entreprise-Verträge, bei denen nur die reine Arbeit verdungen, nicht aber gleichzeitig eine Materiallieferung eingeschlossen ist, unterliegen dem Stempel von 1,50 ℳ für jedes Vertragsexemplar. (Werden sie mit einer stempelfreien Behörde geschlossen, nur mit 1 ℳ für jedes Exemplar.) — Hat der Unternehmer zugleich Materiallieferungen übernommen, so wird noch ein Stempel von 1/3 Prozent des Materialwertes dem obigen Leistungsstempel für das Hauptexemplar hinzugerechnet und beim Nebenexemplar ist im ganzen 1,50 ℳ zu verwenden.

Die Höhe der Kaution ist nach der Natur der Leistung und der Art und Dauer der Garantie-Verpflichtung verschieden zu normieren.

Die Rückgabe der Kaution an den Unternehmer erfolgt alsbald, nachdem die Verpflichtungen desselben sämtlich erfüllt sind.

Mehr- oder Minderlieferungen. Sofern die Notwendigkeit solche auszubedingen vorliegt, darf der zu verabredende Satz bei sogenannten marktgängigen Materialien 5 Prozent, bei den übrigen 10 Prozent des fest bedungenen Quantums in der Regel nicht übersteigen; auch sollen Mehr- oder Minder-Aufträge nur innerhalb einer zu vereinbarenden Frist erteilt werden.

Zahlung. Die Behörde hat die Zahlung als die ihr obliegende Gegenleistung thunlichst zu beschleunigen. In den Bedingungen sind — wenn angängig — über die Termine der Abnahme und Abrechnung für Teil- wie für Gesamtleistungen Bestimmungen zu treffen.

Abschlagszahlungen haben sich, soweit solche zugesagt worden sind, auf die ganze Höhe des gelieferten Quantums zu erstrecken, wenn dieses Quantum unschwer festzustellen ist; andernfalls kann ein mäßiger Bruchteil des Guthabens vorläufig zurückgehalten werden.

Konventionalstrafen sind in der Regel nur auszubedingen, wenn ein erhebliches Interesse vorliegt, daß der Unternehmer den Vertrag rechtzeitig erfüllt. Bei Gegenständen, welche sofort in der bedungenen Quantität und Qualität anderweit zu beschaffen sind, kann gänzlich von Konventionalstrafen Abstand genommen werden.

Die Höhe der Konventionalstrafe ist in gemessenen Grenzen zu halten und den konkreten Umständen anzupassen.

Meinungsverschiedenheiten zwischen der Behörde und dem Unternehmer sind einer unparteiischen schiedsrichterlichen Instanz zu überweisen. Das Recht des Unternehmers, bei Ausführung vorläufiger, nach seiner Meinung vertragswidriger Entscheidungen der Behörde seine Entschädigungs-Ansprüche vor der schiedsrichterlichen Instanz oder — wenn keine solche eingesetzt ist — vor den ordentlichen Prozeß-Gerichten geltend zu machen, ist dagegen nicht auszuschließen.

§ 6.

Allgemeine Bedingungen,

betreffend die Ausführung von Arbeiten und Lieferungen bei den Hochbauten der Staatsbauverwaltung.

1) Für die Art und den Umfang der Leistungen sind die dem Bauplane zu Grunde gelegten Zeichnungen nebst dem Anschlage und dessen Unterlagen bestimmend, mit der Maßgabe: daß Änderungen der darin enthaltenen „Vorder-

sätze" oder sonstige Abweichungen vom Bauplan je nach dem Bedürfnisse der Bauverwaltung vorbehalten bleiben.

2) Für das Mehr oder Minder dessen, was vom Unternehmer geleistet wird, ist die Vergütung, welche ihm zusätzlich zu gewähren ist, beziehungsweise der Abzug, den er zu erleiden hat, nach den ihm vertragsmäßig zustehenden Einheitspreisen zu berechnen.

3) Die Vereinbarung von Mehrleistungen soll $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der vertragsmäßigen Mengen nicht übersteigen. Desgleichen muß sich Unternehmer eine Herabsetzung seiner Lieferung um $^1/_{10}$ ohne Anspruch auf Entschädigung gefallen lassen. Beträgt die Herabsetzung mehr als ein Zehntel, so hat der Unternehmer Anspruch auf Ersatz des ihm durch die Herabsetzung zugefügten Schadens, der bei nicht erfolgender Einigung vom Schiedsgericht festzusetzen ist.

4) Die Vergütigung für Tagelohnarbeiten erfolgt in allen Fällen nach den vertragsmäßig stipulierten Lohnsätzen.

5) Der Unternehmer bleibt an die vereinbarten Einheitspreise auch dann gebunden, wenn die Arbeitslöhne, Fuhrlöhne oder Materialienpreise während der Ausführung der Entreprise steigen sollten.

6) Abweichungen von den Grundlagen des Vertrages darf der Unternehmer nicht einseitig vornehmen, vielmehr bedarf es dann stets der ausdrücklichen, schriftlichen Genehmigung seitens des bauleitenden Beamten.

7) Die Entschädigung für Arbeiten und Leistungen, die abweichend vom Bauplane oder Anschlage seitens der Bauverwaltung angeordnet werden, für welche auch im Anschlage oder der Preisliste direkte Preisansätze sich nicht vorfinden, erfolgt im Verhältnisse zu den vertragsmäßig stipulierten Preisen. Die Entschädigungssätze sind möglichst vor Inangriffnahme der Arbeit schriftlich zu vereinbaren.

Im Falle, daß eine Einigung darüber nicht zu stande kommt, ist nach Absatz 3 zu verfahren.

Alle Ansprüche auf besonders zu bezahlende Nebenleistungen sind in Monatsfrist nach geschehener Leistung dem bauleitenden Beamten specifiziert anzumelden, widrigenfalls die Ansprüche auf Entschädigung erlöschen.

8) Mit den Arbeiten und Lieferungen muß der Unternehmer, sofern die speciellen Bedingungen nicht etwas anderes enthalten, spätestens 14 Tage nach der schriftlichen Aufforderung beginnen und dieselben in den im Vertrage bedungenen Fristen vollenden.

Der Umfang des ausgeführten Teiles der Leistung resp. Lieferung muß stets im richtigen Verhältnis zu den bedungenen Vollendungsfristen stehen. Die Zahl der zu verwendenden Arbeitskräfte und Geräte muß daher den übernommenen Leistungen entsprechen.

9) Die Behörde ist befugt, dem Unternehmer die Arbeiten ganz oder teilweise zu entziehen und den noch nicht vollendeten Teil des Unternehmens auf seine Gefahr und Kosten durch einen anderen Unternehmer ausführen zu lassen, oder selbst für seine Rechnung zu vollenden, wenn seine Leistungen untüchtig sind oder nicht im richtigen Verhältnis zu der bereits verlaufenen Zeit stehen, so daß die Besorgnis gerechtfertigt ist, er werde das Unternehmen nicht in der festgesetzten Frist den kontraktlichen Bestimmungen gemäß beenden.

Macht die Behörde von diesem Rechte Gebrauch, so werden die bisher ausgeführten Leistungen durch die leitenden Beamten unter oder ohne Mitwirkung des Unternehmers nach den Vertragspreisen festgestellt. — Nach beendeter Arbeit wird dann von der Behörde unter Ermittelung des Ersatzes für die durch Säumnis herbeigeführten Nachteile eine Kostenrechnung aufgestellt und dem Unternehmer mitgeteilt. Die dadurch sich ergebenden Mehrkosten hat letzterer sich bei der nächsten Abschlagszahlung oder durch Rückgriff auf die Kaution abziehen zu lassen.

Etwaige Ansprüche des Unternehmers infolge der Arbeitsentziehung sollen der Entscheidung des Schiedsgerichts vorbehalten bleiben.

10) Glaubt der Unternehmer sich durch die Behörde in der Ausführung der ihm übertragenen Arbeiten oder Lieferungen behindert, so hat er derselben hiervon Anzeige zu machen und nötigenfalls zunächst eine Verlängerung der bedungenen Vollendungsfrist zu beantragen. Unterläßt er diese Anzeige, so kann er später aus einer solchen Behinderung einen Anspruch auf Schadenersatz nicht herleiten.

Sollte im Fortgange des Baues durch Verschulden der Verwaltung eine Unterbrechung oder Abstandnahme von der Bauausführung eintreten, so hat der Unternehmer außer auf vertragsmäßige Bezahlung derjenigen Arbeiten, welche vor Eintritt der Unterbrechung bewirkt worden sind, nur Anspruch auf Ersatz des von ihm nachzuweisenden, event. durch Schiedsgericht festzustellenden unmittelbaren Schadens. Eine Entschädigung für den entgangenen Gewinn kann vom Unternehmer nicht verlangt werden. Dauert die Unterbrechung länger als 6 Monate, so steht es jedem der Kontrahenten frei, vom Vertrage zurückzutreten. Die Kündigung muß aber schriftlich und spätestens 14 Tage nach Ablauf der sechs Monate angebracht werden; andernfalls läuft der Vertrag unter gleichen Bedingungen weiter. Dabei wird der kontraktliche Vollendungstermin ebensoweit hinausgeschoben, als die Sistierung gedauert hat.

11) Die Arbeitsleistungen müssen den besten Regeln der Technik entsprechen und dürfen daher nur tüchtige und geübte Arbeiter beschäftigt werden. Arbeitsleistungen, die obigen Bedingungen nicht entsprechen, sind sofort unter Ausschluß der Anrufung des Schiedsgerichts zu beseitigen und durch untadelhafte zu ersetzen. — Arbeiter, welche nach Urteil des bauleitenden Beamten untüchtig sind, müssen entlassen und durch tüchtige ersetzt werden.

Materialien, welche nicht nach Anschlag und Probe geliefert sind, müssen auf Anordnung der Bauverwaltung innerhalb einer zu bestimmenden Frist von der Baustelle entfernt werden.

12) In den Preissätzen für die Arbeit ist inbegriffen: die Entschädigung für Vorhaltung und Unterhaltung der Gerüste, Werkzeuge 2c.; auch die Bewachung und Aufbewahrung derselben ist Sache des Unternehmers. Für die Stärke und Tüchtigkeit der Rüstungen trägt er die alleinige Verantwortung; gleichwohl ist er verpflichtet, Verstärkungen und Ergänzungen auf Anordnung des leitenden Baubeamten auf eigene Kosten zu bewirken.

Rüstungen, welche ein Unternehmer vertragsmäßig herzustellen übernommen hat, sind auch anderen Bauhandwerkern so lange unentgeltlich zur Benutzung zu überlassen, als sie zum Zweck der von ersterem übernommenen Arbeiten erforderlich sind. Änderungen im Interesse der bequemeren Benutzung seitens der übrigen Bauhandwerker daran vorzunehmen, ist der Unternehmer nicht verpflichtet.

13) Der Unternehmer oder dessen Stellvertreter muß sich auf Anforderung des bauleitenden Beamten auf der Baustelle einfinden, so oft es nach dem Ermessen des letzteren nötig ist. Die Leute, welche der Unternehmer beschäftigt, sind schuldig, dem leitenden Beamten hinsichtlich der Aufrechterhaltung der Ordnung Folge zu leisten, widrigenfalls sie sofort entfernt werden können, denn der Unternehmer haftet persönlich für die Handlungen seiner Bevollmächtigten, Gehilfen oder Arbeiter.

14) Der Unternehmer hat in der Regel für das Unterkommen seiner Leute Sorge zu tragen.

15) Die Stellung der zu den Absteckungen und Abnahme-Vermessungen erforderlichen Geräte ist Sache des Unternehmers.

16) Die Befolgung der baupolizeilichen Vorschriften liegt dem Unternehmer für den ganzen Umfang seiner vertragsmäßigen Verpflichtungen ob.

17) Nach Vollendung der Arbeiten oder Lieferungen hat der Unternehmer der Behörde hiervon Anzeige zu machen, worauf der Termin für die Abnahme mit thunlichster Beschleunigung anberaumt und dem Unternehmer schriftlich gegen Behändigungsschein bekannt gegeben wird. — Bis zur Abnahme der ausgeführten Arbeiten haftet Unternehmer für jede an denselben vorkommende Beschädigung.

18) Der Unternehmer hat nach der Schlußabnahme seine Kostenrechnung innerhalb der in den Specialbedingungen festgesetzten Frist einzureichen.

Die Form der Rechnung soll sich eng an die Form anschließen, in welcher die Veranschlagung des Baues stattgefunden hat. Etwaige Mehrarbeiten werden stets in besonderer Rechnung nachgewiesen.

19) Werden im Auftrage der Bauverwaltung von dem Unternehmer Arbeiten im Tagelohn ausgeführt, so ist die Liste der beschäftigten Arbeiter dem Baubeamten behufs Prüfung ihrer Richtigkeit täglich vorzulegen.

Die Tagelohnsrechnungen sind längstens von 4 zu 4 Wochen vom Unternehmer aufzustellen und dem bauleitenden Beamten einzureichen.

20) Die Schlußzahlung auf die vom Unternehmer eingereichte Kostenrechnung erfolgt nach vollendeter Prüfung und Feststellung und nachdem der Unternehmer die Richtigkeit dieser Rechnung anerkannt hat.

Dem Unternehmer sollen auf seinen Antrag schon während der Bauausführung Abschlags-Zahlungen in runden Summen und in angemessenen Fristen bis zu $^5/_6$ des Wertes der vertragsmäßig bewirkten Leistungen, für vertragsmäßige Material-Lieferungen aber bis zur Höhe von $^9/_{10}$ von deren Wert gewährt werden.

21) Durch die Abnahme der Arbeit und die Bezahlung des Guthabens ist der Unternehmer keineswegs von der ihm gesetzlich obliegenden Gewährleistung für die Güte der Arbeit oder des Materials befreit.

22) Der Unternehmer hat für die Erfüllung der ihm obliegenden Verbindlichkeiten durch Kautionsobjekte Sicherheit zu bestellen. Die Behörde ist daher befugt, vom Vertrage zurückzutreten, wenn der Unternehmer nicht innerhalb 14 Tagen nach Abschluß des Vertrages die Sicherheitsstellung bewirkt.

23) Streitigkeiten über die Rechte und Pflichten, welche aus dem Vertrage resultieren, sollen — wenn sie durch Verhandlung nicht beigelegt werden können und der Unternehmer sich nicht bei der Entscheidung der höheren Verwaltungsbehörde beruhigen will — durch schiedsrichterlichen Spruch ausgetragen werden. Zu diesem Behufe ernennt sowohl die Bauverwaltung als der Unternehmer einen Sachverständigen. Im Falle volles Einverständnis nicht erzielt wird, ernennt die vorgesetzte Behörde einen Obmann aus der Zahl der beim Bau nicht unmittelbar beteiligten Beamten. Den nach Einverständnis abgegebenen Ausspruch der Experten oder des Obmanns, beziehungsweise des Experten der Bauverwaltung (sofern das gegnerische Gutachten nicht innerhalb eines Monats zur Kenntnis der Bauverwaltung gelangt ist) verpflichten sich beide Parteien ohne Widerrede gelten zu lassen.

Die Kosten des schiedsrichterlichen Verfahrens hat der unterliegende Teil zu tragen.

24) Ohne Genehmigung der Bauverwaltung darf der Unternehmer seine vertragsmäßigen Verpflichtungen nicht auf andere übertragen.

Verfällt der Unternehmer in Konkurs, so ist die Behörde berechtigt, den Vertrag mit dem Tage der Konkurserklärung aufzuheben; sie vergütet dann nur das bereits Geleistete nach den Preisen des Vertrages.

Für den Fall, daß der Unternehmer mit Tode abgehen sollte, ehe der Vertrag erfüllt ist, hat die Bauverwaltung die Wahl, ob sie das Vertragsverhältnis mit den Erben fortsetzen oder dasselbe als aufgelöst betrachten will.

25) Die vorstehenden allgemeinen Bestimmungen (1—24) gelten insoweit, als durch den Vertrag oder die speciellen Bedingungen nicht ein anderes ausdrücklich bestimmt wird.

Specielle Bedingungen.

In die speciellen Bedingungen muß alles aufgenommen werden, was außer den allgemeinen Bedingungen in Bezug auf den betreffenden Bau bestimmt werden muß, da letztere für alle Lieferanten und Werkmeister maßgebend sind, während die speciellen Bedingungen sich nur auf die Art und Weise der Lieferung der verschiedenen Materialien und Anfertigung der bei einer Bauausführung vorkommenden Arbeiten beziehen. Es muß darin namentlich die Zeit der Ablieferung der Materialien und der Vollendung der Arbeit bestimmt festgestellt werden. Hierbei ist genau die Quantität der zu liefernden Materialien, resp. auszuführenden Arbeiten, event. der Zeitpunkt anzugeben, an welchem dem Unternehmer das Recht zur Aufstellung der Rechnungen und Einziehen des Betrages zusteht. Es müssen außerdem in den speciellen Bedingungen namentlich die örtlichen Verhältnisse im speciellen berücksichtigt werden, so daß

1) in Bezug auf Lieferung von natürlichen Steinen, namentlich des rohen Materials, genau der Fund- und Ankaufsort, auch die Abladestelle zu bezeichnen ist. Ebenso ist das Nötige über die Dimensionen der einzelnen Steine und deren Aufstellungsweise behufs Abnahme anzugeben.

2) Bei Lieferung von Mauerziegeln ist der Fabrikationsort, der zu verwendende Thon, die Abladestelle und die Art und Weise der Aufstellung, behufs Abnahme, anzugeben. Außerdem muß eine genaue Angabe gemacht werden von der Beschaffenheit der Ziegel, namentlich, daß sie nicht mergelhaltig, gut gebrannt und winkelrecht und gut geformt sein müssen. Die Menge des Bruches, welcher bei der Abnahme gestattet wird, muß namhaft gemacht werden. Vor allem aber sind die Dimensionen, in welchen die gebrannten Ziegel geliefert werden sollen (Normal-Format), festzustellen. Vor der Aufstellung des Kontrakts müssen mit dem Petschaft des Unternehmers besiegelte und mit seinem Namen beschriebene Probeziegel eingefordert werden, nach welchen das gelieferte Material beurteilt wird.

Es wird bei Wassertransport in der Regel 2—5 Proz., bei Landtransport mehr Bruch gutgethan. Bei Lieferung von Formziegeln, hartgebrannten Klinkern und Dachziegeln wird der Bruch in der Regel, je nachdem dieselben mehr oder weniger oft umgeladen werden, auf 3—6 Proz. festgestellt.

3) Bei Lieferung von Werkstücken muß der Fundort, eine genaue Beschreibung der Struktur des Steines, die Abladestelle, sowie eine genaue Beschreibung der Bearbeitung angegeben werden. Die Übereinanderlage oder Aufeinanderfolge der einzelnen Werkstücke ist auf der Oberfläche jedes einzelnen Steines mit Ölfarbe zu bezeichnen. Es ist festzustellen, ob die Bearbeitung auf der Abladestelle oder auf dem Werkplatz des Unternehmers stattfindet. Die genaue Größe jedes einzelnen Steines wird am besten in einer Tabelle zusammengestellt und den speciellen Bedingungen beigefügt, wobei auch wegen des sogenannten Arbeitszolles die nötige Andeutung gemacht werden muß. Die Werkstücke müssen ganz fehlerfrei auf der Baustelle abgeliefert werden.

4) Die Lieferung des Kalkes geschieht nach dem Bedarf, und zwar so, daß jede der zunächst leer werdenden Gruben, welche in hinreichender Zahl vorhanden sein sollen, auf Bestellung sofort wieder voll gelöscht werden muß. Die Abnahme des Kalkes muß, wenn sie im gelöschten Zustande bewirkt wird (was jedenfalls vorzuziehen ist), vorgenommen werden, sobald sich Risse an der Oberfläche der frisch gelöschten Masse zeigen, was je nach der Beschaffenheit des Kalkes und der Konstruktion der Gruben früher oder später eintritt. In den Bedingungen muß angegeben sein, wer den Kalk zu löschen hat, und daß weder ersäufter, noch verbrannter Kalk abgenommen wird, auch daß der Kalk aus Brennsteinen, nicht aus Zwittersteinen oder Kothen gebrannt sein muß, daß der Kalk frisch gebrannt, und nicht von der Luft bereits angegriffen, auf die Baustelle zu liefern ist. Es ist ferner anzugeben, in welcher Weise der Kalk bis zur Löschbank gefördert werden muß, namentlich soll die Abladestelle genau bezeichnet werden. Für den Schutz des ungelöschten Kalkes bei eintretendem Regenwetter hat der Lieferant allein zu sorgen, und wird ihm event. freigestellt, an einer dazu näher bezeichneten Stelle für seine Kosten einen Schuppen zu bauen. Auch muß festgestellt werden, ob die Kalkgruben (am besten ausgemauerte und in Sand gepflasterte) auf Rechnung des Baufonds oder des Unternehmers auszuführen sind. Die Art und Weise der oben gedachten Abnahme des gelöschten Kalkes ist näher zu specifizieren und anzugeben, daß nach Ausmessung des Quadrat-Inhalts der Grube dem Lieferanten nur der Höhenstand des gelöschten Kalkes bescheinigt wird.

Magerer Kalk wird stets in Tonnen gemessen.

5) Bei den Sandlieferungen muß die Beschaffenheit des Sandes näher beschrieben und durch Proben festgestellt, auch der Fundort und die Abladestelle näher bezeichnet werden. (Sandkasten, Sandgruben, lockerer Sand.) Der Sand muß frei von allen erdigen Substanzen und Schlammteilen sein, er muß von gleichförmigem, nicht zu grobem oder zu feinem Korn, auch nicht mit Kieseln, resp.

Muscheln vermengt sein. Der nötige Vorrat von Sand auf der Baustelle ist durch Zahlen festzustellen.

Anm. Neuerdings wird der Mörtel auch vielfach von sogenannten Mörtelwerken fertig gemischt zu bestimmtem Einheitspreise auf die Bauten geliefert. Derselbe ist stets gleichmäßiger durchgearbeitet als der „mit Hand" hergestellte; seine Anlieferung erfolgt in eisernen Wagen, deren Kasten 2 cbm Mörtelmasse faßt.

6) Bei Lieferung des Lehmes muß der Fundort und die Abladestelle, auch die Beschaffenheit desselben angegeben, resp. beschrieben werden.

7) Für den zu liefernden Gyps muß der Fabrikationsort und die Abladestelle genau angegeben, auch festgestellt werden, daß der Gyps frisch, fein pulverisiert und rasch bindend sein muß. Die Abnahme des Gypses geschieht in Kasten oder Tonnen, die vorher vermessen worden sind, oder nach Gewicht (Säcken von 75 kg).

8) Für Cementlieferungen ist in der Regel der Fabrikationsort, die Abladestelle, die Größe der Tonnen und das Gewicht derselben, auch dessen Beschaffenheit näher zu specifizieren, resp. anzugeben. Der Cement wird nach Proben, die genau zu untersuchen sind, geliefert. Er muß in gehörig mit Papier ausgeschlagenen Tonnen verpackt, rasch bindend, durchweg staubartig pulverisiert sein und darf keine festen Massen enthalten. Er darf nicht mit Gyps, Sand oder anderen Bestandteilen vermischt sein und muß, wenn er mit einer näher zu bestimmenden Quantität Sand vermischt wird, ebensoviel Mörtel geben, wie der beigemischte Sand Kubikinhalt hat. Die Tonnen müssen mindestens 180 kg Gewicht haben, wobei die leere Tonne nicht über 10 kg wiegen darf.

9) Bei Strohlieferungen nach Schocken ist der kubische Inhalt eines Bundes und das Gewicht desselben (10 kg) anzudeuten.

10) Die Anlieferung des Rohres geschieht gleichfalls nach Schocken. Jedes derselben enthält in der Regel zwei Bunde von 2 m Länge. Das Rohr muß von durchaus gradem und schlankem Wuchs und von der größten Festigkeit in den einzelnen Stengeln sein, darf keine Stockflecke zeigen, und die einzelnen Stengel müssen von ziemlich gleicher Länge, rein abgeschält, auch nicht zerdrückt und geknickt sein. Hier am Ort rechnet man auf jedes Bund 4 Schock Stengel, also auf 1 Schock Rohr 8 Schock Stengel, während anderwärts 900 Stengel pro Schock Rohr gerechnet werden.

11) Rohr-Draht wird am besten nach dem Gewicht oder nach Ringen mit bestimmten Gewichten abgenommen. (Das Pfund ist 60—75 m lang.)

12) Die Lieferung der Nägel geschieht nach Schocken, in seltenen Fällen nach Hunderten. In den speciellen Bedingungen müssen die Gewichte pro Schock, resp. pro Hundert festgestellt werden. Zu den Nägeln muß das beste Eisen verwendet werden und müssen die Rohrnägel namentlich große Köpfe und nicht zu stumpfe Spitzen haben. Die einfachen Rohrnägel wiegen das Tausend 1,75 kg, die doppelten dagegen 2,75 kg.

13) Die Holzlieferung wird auf Grund einer beigelegten Holzberechnung, in der die Dimensionen jedes einzelnen Stückes genau bezeichnet sein müssen, bewirkt. Von der Örtlichkeit und dem Gebrauch wird es abhängen, ob es im beschlagenen, geschnittenen Zustande oder in Stämmen geliefert werden soll. Bei Lieferung nach Stämmen muß die Länge und Zopfstärke, sowie der Kubikinhalt, nach welchem am besten die Stämme zu bezahlen sind, in Betracht kommen. Soll nach ganzen Stämmen bezahlt werden, so muß ein Minimum des Kubikinhaltes des Stammes festgesetzt werden. Ist der Entrepreneur zugleich der Zimmermeister des Baues, so wird in der Regel Verschnitt nicht gut gethan, im andern Falle kann derselbe je nach der Örtlichkeit und Beschaffenheit des Holzes in holzreichen Gegenden von 3—6 Proz., in holzarmen Gegenden bei Eichenholz wohl bis 15 Proz. betragen. Beim Ankauf geschnittener Hölzer ist die Bedingung aufzunehmen, daß dieselben nicht baumkantig sein dürfen, event. ist die Länge und Tiefe der zulässigen Kante zu bestimmen. Alles zu liefernde Holz muß „im Wadel" gefällt, durchaus gesund, möglichst astfrei, feinfaserig und grade gewachsen sein. Es darf weder vor dem Flößen, noch beim Schneiden angestockt erscheinen, noch rotbrüchig, schwammig oder kernschälig sein.

14) Bei Lieferung von ganzen Bohlen und Brettern ist die Länge, die Stärke und mittlere Breite, oder der Quadratinhalt, den dieselben durchschnittlich enthalten müssen, genau anzugeben. Verschnitt wird hierbei nicht berechnet.

Am vorteilhaftesten ist es, wenn dem Zimmermeister die Bohlen- und Bretterarbeiten im verarbeiteten Zustande abgenommen werden, da in diesem Falle der Bauverwaltung keine Seiten- oder Längenabschnitte, welche oft nicht weiter benutzt werden können, verbleiben.

15) Bei Feldstein-Lieferungen zum Pflaster darf höchstens $1/_6$ derselben eine solche Größe haben, daß sie vor der Verwendung auf Kosten der Bauverwaltung zerschlagen werden müssen. Der größte mittlere Durchmesser der zu schlagenden Steine darf nicht über 30 cm sein. Die übrigen Steine dürfen nicht Oberflächen von mehr als 12—20 cm Seite haben und deren Höhe darf nicht größer als 18—20 cm sein. Quadratsteine dürfen nicht unter 200 und nicht über 400 qcm Oberfläche enthalten.

16) Granitplatten werden in bestimmten, untereinander übereinstimmenden Breiten, in verschiedenen Längen, die nicht unter 0,5 m sein dürfen, und mit einer näher anzugebenden mittleren Dicke (8—10 cm) geliefert. Die Abnahme geschieht nach Quadratmetern.

Da die speciellen Bedingungen für die Arbeiten selbst und die Zeit ihrer Vollendung aus den Anschlagsextrakten, Zeichnungen, Erläuterungsberichten und allgemeinen Bedingungen größtenteils hervorgehen, so werden unter die speciellen Bedingungen nur diejenigen Angaben aufzunehmen sein, die dort nicht hinreichend präcisiert werden konnten. Sie sind aber so aufzustellen, daß jedes Mißverständnis dadurch beseitigt wird.

Für die Arbeiten des inneren Ausbaues muß namentlich bemerkt werden, daß sie nach Probe, von ganz untadelhaftem Material und nach den durch Anschlagsextrakte, Zeichnungen und Erläuterungsbericht näher beschriebenen Konstruktionen oder aber nach näherer Angabe des ausführenden Baubeamten gearbeitet sein müssen. Die Tischlerarbeiten werden nach Quadratmetern, resp. nach Stückzahl abgenommen.

Bei den Schmiede- und Schlosserarbeiten müssen die vorgeschriebenen Abmessungen genau inne gehalten, und die Richtigkeit des Gewichts muß durch rechtsgültige Wageatteste von beglaubigten Personen nachgewiesen werden; auch ist die Grenze des Mehr- oder Mindergewichts festzustellen, welches selbst bei Anwendung von Material in den vorgeschriebenen Abmessungen sich bei der Abnahme der fertigen Arbeit herausstellen und für welche eine Vergütung, namentlich für Mehrgewicht beansprucht werden kann. (Bei der Berechnung wird pro Kubikcentimeter verarbeitetes Eisen ein Gewicht von 7,8 Gramm zu Grunde gelegt.)

Hierbei muß namentlich festgestellt werden, daß niemand, außer dem ausführenden Baubeamten oder dessen Stellvertreter, Arbeiten bestellen darf, und daß alle außerdem gefertigten und verwendeten Arbeiten, wenn ihr Gewicht auch durch Wageatteste nachgewiesen ist, nicht bezahlt werden.

Für die Glaserarbeiten muß die Art und Weise, in welcher bei der Abnahme das Glas gemessen werden soll, näher bezeichnet werden. Namentlich muß bestimmt werden, ob nur sichtbares Glas in Rechnung gestellt werden darf, oder ob dasselbe im Kittfalz und mit Quersprossen, bei runder Form, ob in Mittel- oder in den größten Abmessungen zu berechnen ist. Die Abnahme geschieht übrigens nach Quadratmetern.

Bei Anstreicher- und Staffiererarbeiten muß bemerkt werden, daß die Abnahme nach Quadratmetern der gestrichenen Fläche geschieht, daß hierbei aber die Gliederungen an Thüren und Fenstern, die nicht von Bedeutung sind und eine näher anzugebende Ausladung nicht erreichen, nur in plano gemessen werden, daß Thür- und Fensterdicken nicht in Rechnung kommen dürfen, daß ferner der Anstrich der Fenster nur von einer Seite berechnet werden darf, daß die Ölfarben nur aus reinem Bleiweiß oder Zinkweiß und den nötigen Farbenzusätzen hergestellt werden dürfen, daß der Anstrich nach den Langfasern des Holzes geschehen muß und wie oft derselbe wiederholt werden soll.

Dem Klempner (oder Blechschmied) und Kupferschmied sind außer einer genauen und detaillierten Beschreibung der Konstruktionen die Blechstärken nach dem Gewicht eines Quadratmeters und bei Zinkblechen auch noch nach der Fabrik-Nummer genau zu bestimmen. Die Abnahme geschieht nach Quadratmetern der sichtbaren, nicht der wirklich verarbeiteten Flächen.

Bei Töpferarbeiten ist die Konstruktion der Öfen und die Farbe und Güte der zu verwendenden Kacheln genau anzugeben. Die Öfen müssen in ihren Fugen dicht gesetzt und gut verankert sein. Die Bezahlung der Töpferarbeiten geschieht nach Stücken, wobei eine Angabe der Länge, Breite und Höhe des Ofens nach der Kachelzahl und eine weitere genaue Beschreibung stattfinden muß.

Den Verträgen über Centralheizungen liegen gewöhnlich specielle Zeichnungen und Anschläge zu Grunde. Der Lieferant muß sich verpflichten, die Räume bei strenger Kälte bis zu einer bestimmten Temperatur (17—20° C.) zu erwärmen, die Leitungen und Heizapparate rechtzeitig anbringen zu lassen und den Heizer gründlich zu instruieren. Gewöhnlich ist eine Garantiezeit bis zur erfolgten Bewährung der Anlage (ca. 1 Jahr) festgesetzt und wird dann eine entsprechende Kaution bis zu diesem Zeitpunkt innegehalten.[1])

Zink- und Eisenguß-Arbeiten. Der Guß muß ohne störende Nähte, Blasen, Flicken und Verkittungen sauber und genau in den vorgeschriebenen Maßen hergestellt sein.

Das Gewicht der gelieferten Stücke darf das im Anschlage berechnete um nicht mehr als 5—10 Proz. übersteigen. Sonstiges Mehrgewicht wird (vergl. die allgemeinen Bedingungen) nicht bezahlt. Bei sehr wichtigen Konstruktionsteilen sind Probebelastungen auszubedingen.

Gas- und Wasserleitungs-Arbeiten. Die Gas- und Wasserröhren sind aus Schmiedeeisen (Gußeisen, Kupfer) auszuführen, die Kniee können in Kupfer gefertigt werden. Alle Wasserröhren, welche in Zimmer treffen, sollen in Schlitze gelegt werden und die Gasröhren im Putz verdeckt liegen. Die Röhrenverbindungen sind so auszuführen, daß ein Undichtwerden derselben, sowie Beschädigung der Decken und Wände ausgeschlossen bleibt.

Anm. Auch bei diesen Arbeiten wird meistens eine Garantie für die Güte der Lieferungs-Objekte ausbedungen.

Es liegt auf der Hand, daß außer den hier gegebenen Andeutungen noch für die verschiedenartigsten Teile des Baues Bestimmungen in die speciellen Bedingungen aufzunehmen sein werden. Dies bezieht sich insbesondere auf die Herstellung der Heizungs- und Ventilations-Einrichtungen, der Gas-, Wasser- und Telegraphen-Anlagen, der An-

1) Vergl. § 85, 86 und Ministerial-Verfügung vom 7. Mai 1884.

bringung von Blitzableitern, Glockengießer-Arbeiten, Uhren u. dergl. mehr. Hier werden insbesondere die neuesten und bewährtesten Konstruktionen auszuwählen sein, so daß der leitende Baubeamte schon vor der Ausführung Specialberechnungen, Entwürfe und Anschläge bewährter Firmen über diese Gegenstände einzufordern und nach deren Prüfung die relativ vorteilhafteste Disposition zu wählen hat.

§ 7.

Technische Vorbereitung auf der Baustelle.

Nachdem alle die Bauausführung betreffenden Verhandlungen geschlossen, die Baufonds zur Disposition gestellt, die Art der Ausführung, die Zeit des Beginnens und der Vollendung festgestellt sind, wird die eigentliche technische Vorbereitung auf der Baustelle ins Auge zu fassen sein.

Zunächst sind richtige Kopien der Zeichnungen, Anschläge und sonstiger, auf die Ausführung bezüglicher Schriftstücke zu nehmen. Hiernach werden die eigentlichen Werkzeichnungen am besten in so großem Maßstabe aufgetragen, daß die einzelnen Steinschichten daraus erkannt werden können. — Diese Arbeiten liegen dem Baumeister, resp. Bauführer, welcher den Bau beaufsichtigen soll, mit den etwaigen Hilfsarbeitern ob.

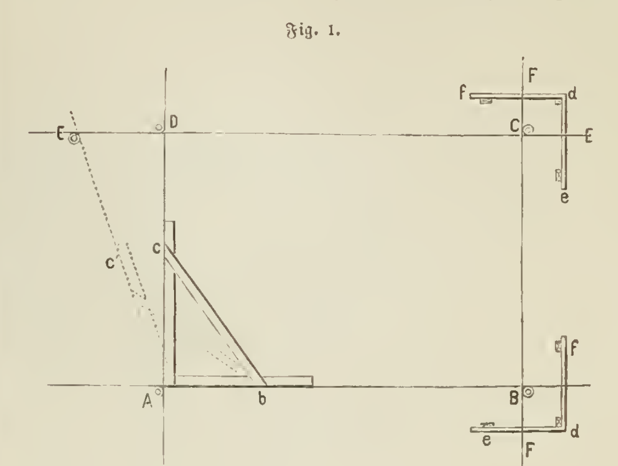
Die Originalentwürfe gehen, wenn sie von dem ausführenden Baumeister oder unter dessen Leitung gefertigt sind, in dessen Archiv.

Nunmehr beginnt das Abstecken des Gebäudes oder der Gebäude auf der Baustelle. Hierbei ist die größte Sorgfalt zu beobachten, daß diese Fundamentalarbeit unverändert während der Dauer des Baues beibehalten werden könne.

Die Flucht des Gebäudes, d. h. die Richtung seiner Hauptfront wird in den meisten Fällen gegeben oder doch leicht zu bestimmen sein. Diese Richtung ist durch eine straff gespannte Schnur, welche man um ein Paar eingeschlagene runde Pfähle schlingt, zu bezeichnen. Man nimmt hierbei gewöhnlich die Flucht der „reinen Mauer", d. h. der Mauerfläche über dem Sockel des Gebäudes an, so daß alle Vorsprünge (des Sockel-, Keller-, Bankett-Mauerwerks) nach außen vortreten. Bekommt das Gebäude „Risalite", so können diese entweder vor das allgemeine Alignement vortreten oder sie kommen in demselben zu liegen, so daß die übrigen Teile des Gebäudes zurücktreten.

Ist die Flucht bestimmt, so muß einer der Eckpunkte des Gebäudes durch einen eingeschlagenen Pflock bezeichnet werden. Man nimmt hierzu am besten einen Pflock von rundem Querschnitt und schlägt den Eckpflock so ein, daß er die Schnur berührt. Gleichzeitig soll die Flucht der anstoßenden Gebäudefront ihn an der inneren Seite berühren, der Pflock also außerhalb der beiden Fluchtlinien stehen, wie bei A und B (Fig. 1). — Um nun an diesen Eckpflock die zweite Fluchtschnur spannen zu können, muß im Eck ein rechter Winkel angetragen werden. Dies geschieht mit einem aus behobelten Latten zusammengesetzten rechtwinkligen Dreieck, wie bei A (Fig. 1) zu ersehen. Legt man

Fig. 1.



also den Schenkel Ab des Dreiecks so an die Fluchtschnur, daß diese daran „spielt", so kann längs des andern Schenkels eine zweite Schnur gespannt werden, die mit der ersten einen rechten Winkel bildet.

Zuweilen bedient man sich zur Absteckung rechter Winkel nur der Schnur und eines Maßstabes. Wenn man nämlich (Fig. 1) von A nach b hin auf der Schnur 3 m abmißt und diesen Punkt etwa mit einer Stecknadel bezeichnet, die zweite Schnur um den Pflock bei A befestigt und auf dieser von A aus die Länge von 4 m abmißt und ebenfalls durch eine Nadel c bezeichnet, so darf man in dem Punkte b nur einen genau 5 m langen Maßstab anlegen und die zweite Schnur so spannen, daß der auf ihr bezeichnete Punkt c mit dem andern Ende des Maßstabes zusammenfällt, um dadurch die Schenkel eines rechten Winkels zu erhalten.[1]) Daß beide Schnüre möglichst horizontal gespannt werden müssen, ist einleuchtend.

Der gebildete Techniker wird sich außerdem der Instrumente zum Abstecken rechter Winkel (Winkelspiegel[2]), Winkelprisma) bedienen können, mindestens im stande sein, die etwaige Ungenauigkeit der Absteckung mit der Schnur dadurch zu kontrollieren.

Mißt man auf der ersten Fluchtschnur die Länge der Vorderfront ab und bestimmt den zweiten Eckpunkt des Gebäudes in B, so kann man hier auf dieselbe Weise einen rechten Winkel antragen, wieder eine Schnur spannen und nun auf den Schnüren AD und BC die Tiefe des Gebäudes antragen, in C und D Pflöcke einschlagen und

1) $(Ab)^2 + (Ac)^2 = (bc)^2$.

2) Den Winkelspiegel und seine Anwendung zum Abstecken rechter Winkel findet man ausführlich dargestellt in: A. Scholtz, „Die Fachschule des Maurers" (I. Abschn. S. 8). Leipzig 1887, J. M. Gebhardt's Verlag.

so das Gebäude-Rechteck umgrenzen. Beim Abmessen bedient man sich immer zweier, drei oder fünf Meter langer, am besten an den Enden beschlagener Maßstäbe.

Ist das Rechteck ABCD abgesteckt, so hat man die Längenmaße der Seiten und die Winkel nochmals zu prüfen.[1])

Hat das Gebäude außer den rechten auch schiefe Winkel, so ist die Operation im allgemeinen dieselbe, wie beschrieben, nur muß dann auch der schiefe Winkel aus dem Plane auf die Baustelle übertragen werden. Man bedient sich hierzu des „Schrägmaßes" oder der „Schmiege", welche den aus Latten gebildeten verlangten schiefen Winkel enthält (vergl. Fig. 1 bei A). Sicherer ist es, bei A eine Normale AD zu errichten und die Länge DE genau übereinstimmend mit dem Plane anzulegen. Die Absteckung des rechten Winkels bei A ist dann wie im ersten Falle zu bewirken und das Abmessen der Strecke ED hat keine Schwierigkeit. — Überhaupt ist das Abstecken schiefwinkliger Grundrisse immer etwas umständlich und erfordert die fertige Arbeit noch mehrfache Kontrolle.

Sind die Eckpunkte des Gebäudes durch eingeschlagene Pflöcke bezeichnet, so schreitet man zur Anfertigung der sogenannten Schnurgerüste, weil die Eckpflöcke beim Ausgraben der Fundamenterde verloren gehen würden. Zu dem Ende werden in hinreichendem Abstand von jedem Eckpflock drei Pfähle aus Kreuzholz, d, e, f (Fig. 1), tief in den Boden getrieben, derart, daß die Linien de und ef parallel zu den Gebäudefronten sind. Diese Pfähle läßt man etwa 30—40 cm über dem Terrain hervorragen und verbindet sie unter sich durch starke, besäumte Latten. Ist dies geschehen, so werden über den Lattenoberkanten starke Schnüre gezogen und diese mit Hilfe eines Bleilotes so lange geschoben, bis sie vertikal über den früher abgesteckten vier Eckpunkten liegen. Hierauf werden die Schnurstriche eingeschnitten und deutlich durch farbige Marken bezeichnet. Ist also die Fundamenterde entfernt, so läßt sich jederzeit durch kreuzweises Anspannen der Schnüre und mit Hilfe des Bleilotes jeder der Eckpunkte wieder finden.

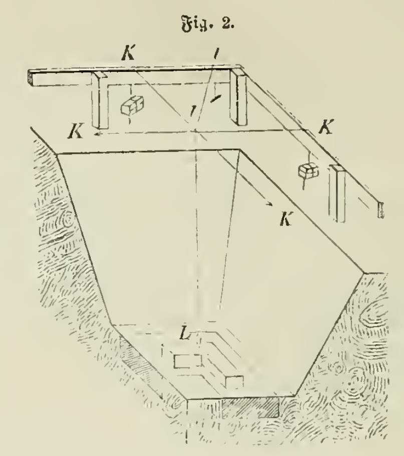
Auf dem Schnurgerüst kann man nun den Sockelvorsprung, die verschiedenen Stärken und Absätze der Frontwand, überhaupt alle wichtigen Maße des Sockelgeschosses verzeichnen. Die Längen der Schnurbank de und ef in Fig. 1 richten sich nach der Gestalt des Querprofiles der Mauer.

Wie das Schnurgerüst benutzt wird, um ein Mauereck auf der Sohle der Baugrube anzulegen, zeigt Fig. 2. Die gespannten Schnüre sind mit KK bezeichnet; in ihrem Kreuzungspunkt l ist ein Bleilot herabgelassen, dessen Fußpunkt L vertikal unter dem Eckpunkt liegt.

1) Dies ergiebt sich durch Messung der Diagonalen, die in jedem Rechteck gleich sein müssen.

Die Maßlatten. Nachdem auf diese Weise Lage und Grundform des ganzen Gebäudes in seinem äußeren Mauerwerk genau auf der Baustelle festgelegt ist, sind

Fig. 2.



weitere Vorrichtungen nötig, um die Thür- und Fenstermittel, resp. die Weite dieser Öffnungen, als Vorsprünge, Pfeiler, inneren Wände und sonstigen Anlagen durch unverwischbare Zeichen zu markieren. Dies geschieht durch gehobelte Latten, welche so zu verbinden sind, daß sie leicht auseinander genommen, aber auch ebenso leicht unverrückbar zusammengelegt werden können. Der Zusammenstoß der Latten-Enden wird am besten mit gerader Überblattung hergestellt, durch welche Schrauben mit Flügelmuttern gesteckt werden können. Die Maßlatten, auf welche alle oben genannten wichtigen Abmessungen eingeritzt sind, müssen nach ihrer Reihenfolge mit Zahlen bezeichnet werden. Alle zu einer Frontlinie gehörigen Latten erhalten außerdem eine besondere Bezeichnung. Um Verwechselung zu vermeiden, trägt man die specielle Bezeichnung der Lattenlinien in den Grundriß ein.

Demnächst wird auch für die Umzäunung der Baustelle, für Anlage der Baubude (für die Arbeiter), resp. des Baubureaus, der Wächterbude, der Material- und Arbeitsschuppen Sorge zu tragen sein. Die Umzäunung muß so geräumig angelegt werden, daß bei der Ausführung keinerlei Behinderung entstehen und doch auch der nötige Materialvorrat aufgestellt werden kann. (Ein beschränkter Bauplatz ist nur im Notfall zu acceptieren.)

Die Umzäunung muß die zum Material-Transport erforderliche Anzahl von Thorwegen und Fallbrett-Öffnungen, außerdem aber möglichst wenig Thüren haben, damit die Überwachung leicht stattfinden kann. Dieselbe ist an den öffentlichen Straßen mit einem nach innen geneigten Schutzdach zu versehen.[1])

1) In den größeren Städten ist die Anordnung der Bauzäune durch polizeiliche Vorschriften, in Berlin durch Instruktion vom 9. Mai 1866 geregelt. Ein derartiger Bauzaun mit Schutzdach ist dargestellt in A. Scholtz, Fachschule des Maurers, S. 12.

Das Baubureau ist — wenn irgend möglich — so anzulegen, daß der Bau, namentlich aber der Eingang zur Baustelle von dort aus übersehen werden kann.

Wächterbuden sind, wenn die Baubude keine geeignete Stelle erhalten kann, am besten unmittelbar am Eingang zum Bauplatz anzulegen.

Material-Schuppen sollen eine derartige Lage erhalten, daß Fuhrwerk aller Art zu ihnen gelangen kann.

Demnächst ist Sorge zu tragen für die Anlage eines, und bei größeren Bauten einiger Brunnen. Den Brunnen stellt man so auf, daß er möglichst nach Ausführung des Baues beibehalten werden kann; sollte dadurch eine zu große Entfernung von der Kalkgrube herbeigeführt werden, so ist es nötig, durch eine Rohrleitung dem Übelstande abzuhelfen. Wo der Anschluß an vorhandene Wasserleitungsrohre — wie innerhalb der Städte — möglich ist, wird sich diese Anordnung besonders empfehlen, weil weiches Wasser zur Bearbeitung des Mörtels in allen Fällen vorzuziehen ist.

Kalkgruben sind in hinreichender Anzahl anzulegen, so daß Mangel an Kalk nicht eintreten kann und zu den Putzarbeiten frisch gelöschter Kalk nicht verwendet zu werden braucht. Die Gruben werden so angelegt, daß sie etwa 40 Hektoliter gelöschte Masse aufnehmen können. Bei ihrer Anlage ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Kalk beim Löschen mehr Raum bedarf, als wenn er sich gesetzt hat. Die Kalkgruben sind mit massiven Umfassungswänden herzustellen und erhalten ein in Sand gelegtes flachseitiges Pflaster.

Die Sandkasten werden in unmittelbarer Nähe der Kalkgruben und in hinreichender Anzahl, jede etwa 20 cbm haltend, angelegt. Wo das Herausschaffen des Sandes durch Karren geschieht, verdienen Sandgruben den Vorzug.

Neben den Sandgruben und Kalkgruben werden unmittelbar die Kalkmacherbänke angelegt. Neben der Kalkmacherbank wird ein Raum zur Aufnahme des geschlagenen Mörtels und die sogenannte „Ladebank" hergestellt und zum Schutze gegen Sonnenstrahlen und Regen, sowie zum Schutze des bearbeiteten Mörtels, auf den Regen und Sonne nachteilig einwirken, diese ganze Vorrichtung mit einem Bretterdach überdeckt. — Wenn der Mörtel durch Maschinen bereitet wird, treten gewisse Modifikationen ein, welche beim Grundbau erörtert worden sind.

Zum Zusammenrufen der Leute beim Verlesen der Namenliste, wenn die Ausführung in Rechnung geschieht, sowie zum Zeichengeben für den Beginn und Schluß der Arbeit wird bei größeren Bauten eine Glocke nötig. Dieselbe wird am besten entweder neben dem Baubureau oder neben der Wächterbude aufgestellt.

Nach diesen Vorbereitungen ist endlich auch ein solcher Materialvorrat zu beschaffen, daß wenigstens einen Monat ohne Unterbrechung gearbeitet werden kann, ehe Mangel eintritt. Auf die Anstellung des Wächter-Personals ist ebenfalls Sorgfalt zu verwenden.

§ 8.

Von der Führung des Baues.

Zu den wichtigsten Gegenständen, welche dem Bauleitenden bei Beginn der Arbeiten obliegen, gehört vor allem die Untersuchung des Baugrundes, die Überwachung der Fundamentgräben und die Sicherung derselben durch „Steifen", damit bei anhaltend nassem Wetter kein Unglück geschieht. Neben den Fundamentgräben dürfen Materialien nicht aufgesetzt werden, damit durch die Last nicht eine Ablösung des Erdreichs bewirkt werden kann. Für die Herstellung dieser Gräben hat in der Regel der Unternehmer der Maurerarbeiten Sorge zu tragen. Häufig werden dieselben aus Ökonomie nicht mit der nötigen Böschung ausgeführt und das Fundamentmauerwerk bei standfähigem Grunde daher in kurzen Stücken ausgeführt. Diese Art der Ausführung ist verwerflich, weil sie nur auf Kosten des guten Verbandes erfolgen kann.

Bei Ausführung von Pfahlrosten und liegenden Rosten muß eine detaillierte Zeichnung gegeben werden, woraus die nötigen Hölzer genau zu entnehmen sind. Die einzelnen Pfähle müssen mit Nummern versehen sein; auch ist ein Rammregister anzulegen, in welches nicht nur die Länge und Stärke jedes Pfahles, sondern auch die Anzahl seiner Hitzen und das Eindringen bei jeder Hitze genau zu verzeichnen ist. (Vergl. III. Abschnitt „Grundbau" § 28, Schluß.)

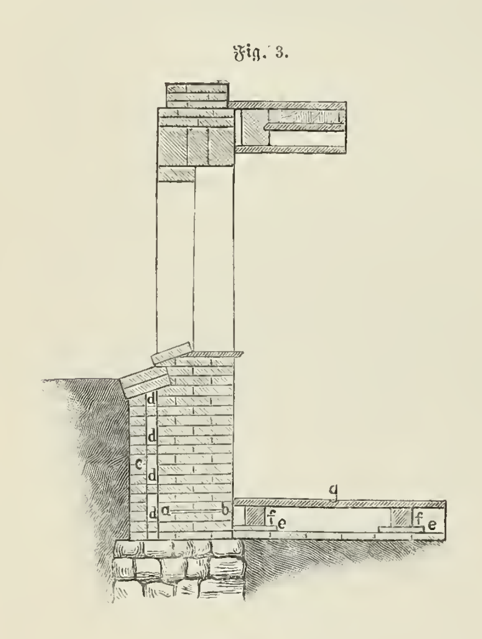
Bei Wasserschöpfarbeiten sollen die dazu nötigen Arbeiter in das Journal speciell eingetragen werden, damit eine richtige Ermittelung der aufgewendeten Kosten möglich ist. Nunmehr ist zu untersuchen, ob die Kellersohle auch wasserfrei liegt und nicht von dem bekannten höchsten Wasserstande erreicht werden kann. Darf die Kellersohle nicht höher angelegt werden, so sind zur Abhaltung des Wassers von dem Kellerfußboden Vorkehrungen, die noch der Besprechung bedürfen, zu treffen (cf. Erläuter.-Bericht ad d).

Die aufgeführten Fundamente müssen zunächst horizontal abgeglichen und bei der Anlage der Kellerräume durch genaues Abwiegen die Fußbodenhöhe bestimmt werden. Außerdem ist Bedacht zu nehmen auf die Trockenlegung des Mauerwerks gegen aufsteigende und Erdfeuchtigkeit, was durch Isolierschichten und Luftschichten erreicht wird. Ebenso ist Sorge zu tragen für Entwässerung des Baugrundes, wenn solche nötig sein sollte, wobei Drainröhren gute Dienste leisten.

Anm. Das Verfüllen der Fundamentmauern, ehe sie gehörig ausgetrocknet sind, ist verwerflich, namentlich bei Bruchsteinmauerwerk. Damit die Steine ihre Bruchfeuchtigkeit abgeben können, sollten sie einige Wochen vor der Verwendung zur Baustelle angefahren werden.

Ganz besondere Aufmerksamkeit erfordert die **trockene Herstellung der Kellerräume**. Man hat daher vor allem Maßregeln zu treffen, daß die Erdfeuchtigkeit weder von unten, noch von der Seite in dem hygroskopischen Steinmaterial aufsteigen kann. Es wird deshalb zunächst eine Asphaltschicht a b (Fig. 3) auf die sogenannte Abgleichungsschicht der Fundamente aufgebracht, sodann eine $^1/_2$ Stein

Fig. 3.



starke Mauer von Ziegelsteinen in Cementmörtel in 6 bis 7 cm Abstand von dem Kellermauerwerk aufgeführt und mit diesem durch die nötigen Bindersteine d verbunden und oberhalb mit einer doppelten Flachschicht in Cement abgedeckt. Hierdurch bildet sich eine schützende Luftschicht gegen seitlich herantretende Erdfeuchtigkeit. Um ganz sicher zu gehen, kann man auch die Köpfe der Bindersteine d, d, soweit solche in die Kellermauer eingreifen, vorher in Asphaltteer tauchen. — Kann man mit dem Isolierungsmauerwerk nicht nach außen vortreten, so legt man die Luftschicht nach innen.

Soll nun der Kellerfußboden massiv hergestellt werden, so empfiehlt sich als Überzug ein 1,5 bis 2 cm starker Asphaltbelag. — Hölzerne Fußböden in Kellerräumen müssen ganz besonders sorgfältig isoliert werden. Zu dem Ende pflastert man zunächst über dem Kellerplanum mit Flachschicht mit Ziegelsteinen oder Platten und legt darauf in Entfernungen von 1 m nebeneinander 2 Dachsteine e in Cement, welche oberhalb mit Asphalt abgedeckt werden. Hierauf werden die Fußbodenlager f, f gestreckt und darüber die Dielung g verlegt. Den Hohlraum zwischen den Lagerhölzern bringt man zweckmäßig mit dem Ofen in Verbindung. Da die Lagerhölzer hohl liegen, ist die Kommunikation eine vollständige und ein den Feuerraum vertikal durchdringendes Ventilationsrohr von Eisen wird daher das Absaugen der feuchten und kalten Luft aus dem Hohlraum konstant bewirken. (Cirkulationsfeuerung.)

Sollen endlich Kellerräume unter dem Wasserstande **wasserfrei** angelegt werden, so legt man in größeren Räumen ein roståhnliches Fundamentgemäuer an, damit der Wasserdruck die Fußbodenplatten nicht heben kann; darüber kommt eine doppelte Flachschicht von guten Mauersteinen in Cement; auf den so hergestellten Fußboden bringt man eine 8 cm starke Betonschicht aus Cement und Kies an, an den inneren Wänden eine 5 cm starke und 50 cm über den höchsten Wasserstand hinaufreichende wasserdichte Bekleidung, deren Winkel ausgerundet werden.

Demnächst hat der Aufsichtsbeamte seine Aufmerksamkeit auf das richtige Einspannen der vorkommenden Gurt- und Wandbögen zu richten, namentlich auf die zweckentsprechende Anfertigung und Aufstellung der Lehrbögen und die angemessene Konstruktion derselben zu achten. Die Gewölbe selbst werden erst **nach** Eindeckung des Gebäudes eingespannt. Daraus erwächst der Vorteil, daß das Gebäude schneller unter Dach gebracht werden kann, und daß die Widerlager erst dann die Gewölbe aufnehmen, nachdem sie sich gesetzt haben. — Diejenigen Gurtbögen, welche oberhalb Wände zu tragen haben, werden gleichzeitig mit dem Mauerwerk heraufgenommen. Beim Ausrüsten derselben ist eine genaue Beobachtung ihres Verhaltens notwendig, damit erforderlichenfalls „**Verankerungen**“ angeordnet werden können. Solche Anker sollen vor dem Einwölben in Erwägung gezogen werden, um das spätere Einstemmen in frisches Mauerwerk zu vermeiden. Wird die Verankerung jedoch nachträglich bewirkt, so muß die Ankerschiene an den Enden Schraubengewinde erhalten, über welche der Splint geschoben und mittels Mutter befestigt werden kann.

Auf die abgeglichenen Kellermauern werden nun die Sockelmauern aufgesetzt. Wenn diese eine **Quader**-Bekleidung erhalten, versetzt man zuerst die Eckquader, hierauf die Kellerfenster-Einfassungen und setzt die Zwischenquadern mittels der zahnlosen Säge, Sand und Wasser exakt ein. Nach dem Versetzen einer Quaderschicht wird dieselbe hintermauert und die Hintermauerung mit der Ebene der Schicht abgeglichen. Bevor aber eine zweite Schicht aufgebracht werden kann, ist das obere Lager der ersten mittels der Setzwage genau zu prüfen und muß dasselbe nötigenfalls vom Steinhauer durch Nacharbeiten in eine Horizontale gebracht werden. Die aufeinander folgenden Quaderschichten, sowie die einzelnen Steine einer jeden Schicht sind durch Buchstaben und Zahlen genau zu bezeichnen. Alle Steinhauerarbeit ist frühzeitig zu bestellen und **vor** Inangriffnahme des Baues zur Baustelle anzuliefern, wenn der Bau ohne Störung fortgeführt werden soll. Dabei wird vorausgesetzt, daß die angelieferten Steine in Bezug auf Güte des

Materials und Abmessung der Stücke den gestellten Anforderungen genügen.

Beim Versetzen der Kellerfenstergewände werden die Gitterstäbe meistens mit in die für sie vorgehauenen Löcher eingesetzt und später vergipst.

Nach dem Versetzen der Sockelmauern werden die Hausteine mit dickem Lehmwasser überstrichen, um das Einfressen von Kalkwasser beim Aufführen der Etagenmauern zu vermeiden; das Sockelgesims aber wird mit Strohlehm bekleidet und mit Brettern zum Schutz gegen herabfallende Steine abgedeckt.

Werden die Gesimse aus Backstein gehauen, so hat der Bauleitende vorher genaue Schablonenzeichnungen anzufertigen und auf guten Verband des Mauerwerks Rücksicht zu nehmen.

In heißen Sommertagen sind die Mauerziegel gehörig von dem anhaftenden Staube zu reinigen und durch Übergießen feucht zu halten. Bei nassem Wetter dagegen kann nur so lange gemauert werden, als die Mauerziegel nicht „schwimmen". Das Ausgießen der Schichten ist zu vermeiden, damit der Kalk nicht aus den frischen Mörtelfugen ausgewaschen werde und auch die Steine nicht zu viel Wasser anziehen.

Sobald die Mauern des Erdgeschosses mit ihren Öffnungen und massiven Zwischenmauern bis zur sogenannten ersten Gleiche aufgeführt sind, wird mit dem Legen der Mauerlatten begonnen. Diese haben den Zweck, den Druck des Gebälkes auf die Pfeiler gleichmäßig zu verteilen: sie werden daher stets nur auf den Pfeilern, nicht auf den Fensterbögen gestoßen. Nachdem die Balkenanker angeschlagen und die mit Holzteer getränkten Balkenköpfe gehörig vermauert sind, kann zu dem Aufführen der nächsten Etage geschritten werden. Kommt als Horizontal-Teilung ein Gurtgesims aus Quadern zur Anwendung, so wird wieder mit dem Versetzen der Eckstücke begonnen. Alle horizontal zu lagernden Hauptsteine, als Fensterbänke, Gurte, Konsolen ꝛc., sind an ihrer untern Fläche möglichst eben zu bearbeiten, damit sie auf dem ausgeglichenen Mauerwerk ohne Anwendung von Schieferplättchen versetzt werden können und nicht nur an einzelnen, sondern an allen Stellen aufliegen.

Im ersten Stockwerk wiederholen sich die Arbeiten der vorhergehenden Etage, und wenn das Gebäude nicht mehrere Etagen erhält, wird nach Herrichtung der „Gleiche" mit dem Aufbringen der Dachbalkenlage resp. des Dachstuhles begonnen. Nachdem dann die Schornsteine über Dach geführt, Aussteigethüren, Oberlichter und Dachfenster, kurz alle Konstruktionsteile, welche die Dachfläche durchbrechen oder darin liegen, hergestellt sind, kann an die Eindeckung des Daches gegangen werden. — Diese erfolgt auf Lattung oder Schalung. Bei der Eindeckung des Daches sind auch die Rinnen und Abfallrohre anzubringen.

Im Innern ist nun mit dem Ausstaaken der Balkenfache zu beginnen und Strohlehm darauf zu tragen. Erst später, kurz vor Einbringung der Fußböden, ist der Rest mit trocknem Lehm, Schutt, Coaksasche oder Schlacken auszufüllen. Nachdem auch die Kellergewölbe und die Läufe und Podeste der gewölbten Treppen einschließlich der Stufen-Aufmauerungen hergestellt worden sind, kann die polizeiliche „Abnahme des Rohbaues" angemeldet und bewirkt werden. Von diesem Zeitpunkt bis zur Inangriffnahme des inneren Putzes ist mindestens eine Frist von 6 Wochen innezuhalten, damit das Mauerwerk vorher genügend austrocknen kann. Einige Arbeiten können inzwischen doch vorgenommen werden, nämlich das Ausrüsten der Kellergewölbe, Reinigen der Kellerräume von Schutt, Einbringen des Kellerpflasters, Ziehen der Gasrohre, das Schalen der Decken und das Versetzen der steinernen Treppen, sofern dies nicht nach polizeilicher Vorschrift schon vor der Rohbau-Abnahme geschehen mußte.

Putzarbeiten. Sobald die für Austrocknung des Mauerwerks vorgeschriebene gesetzliche Frist verstrichen ist, kann mit Anfertigung der Putzarbeiten begonnen werden, und zwar zunächst in den oberen Etagen, in welchen freiere Lage und geringere Wandstärke das Austreten der Feuchtigkeit leichter ermöglichen. Kellermauern und Gewölbe bleiben daher bis zuletzt zurück, weil sie nach Aufbringen des Putzes nur sehr schwer austrocknen können.

Die innere Putzarbeit beginnt mit dem Deckenputz auf Schalung. Zu der letzteren sollen nur schmale (oder aufgespaltene), schwache, trockne Bretter verwendet werden. Die Methode der Herstellung ist im II. Bande beschrieben.

Der Deckenputz und der obere Teil des Wandputzes wird von Bockgerüsten aus hergestellt; auch die Decken- und Wandgesimse, Hohlkehlen (Vouten) sind von diesem Gerüst aus in Angriff zu nehmen. — Übrigens werden die Wand- und Deckenflächen, welche eine elegante Farbenbehandlung erhalten sollen, mittels eines mit Filz bezogenen Reibebrettes geglättet („gefilzt"). Die Wandflächen, welche tapeziert werden sollen, sind dagegen des besseren Haftens wegen nur mit dem gewöhnlichen Reibebrett abzureiben. Alle Pfeilerkanten, welche dem Abstoßen ausgesetzt sind, werden mit dem Putzhobel abgerundet oder abgefast.

Auf die Putzarbeit im Innern folgt das Anbringen der Stuckarbeiten, das Belegen der massiven Fußböden mit Sandstein- oder Schieferplatten, mit Backsteinen oder geformten Thonfliesen und das Aufbringen der Asphalt-Estriche. In den Küchen sind die Herde und in den Wohnräumen die Öfen zu setzen. Auch Steigerohre der Wasserleitung und die Abfallrohre der Klosetts, Küchen und Badeeinrichtungen müssen in die dazu bestimmten aus-

gesparten Schlitze eingebracht und dieselben mit den schon bei Eindeckung des Daches vorgesehenen über Dach ausmündenden Dunstrohren von Blech sorgfältig verbunden werden. Das Legen der Thonrohrleitung muß jedenfalls rechtzeitig — d. h. schon vor dem Legen des Kellerpflasters — vom Rohrleger bewirkt werden. Nach Fertigstellung des Innenputzes sind auch die Fensterrahmen in den Etagen einzusetzen, zu verputzen und vorher vom Maler zu grundieren; auch können die Deckenmalereien nunmehr in Angriff genommen werden, wenn inzwischen der Decken-Stuck und Putz hinreichend trocken geworden sein sollte.

Nunmehr müssen die Fassaden berüstet und geputzt werden, wozu man sich einer sog. Stangenrüstung bedient (Zeichnung einer solchen ist dargestellt in: Scholtz, Fachschule des Maurers, Taf. 7). Sind größere Steinhauerarbeiten an den Fassaden vorhanden, so findet stets eine vom Zimmermann hergestellte verbundene Rüstung, die schon beim Aufführen der Geschoßmauern gestellt wird, Verwendung. Von diesem Gerüst aus sind die Nacharbeiten des Steinhauers vorzunehmen und die Fugen sauber zu verkitten.

Inzwischen beginnt der Zimmermann mit dem Legen der Fußbodenlager im Erdgeschoß. Wo Friesteilungen vorkommen, sind häufig zu deren Unterstützung zwischen den Balken schwache Riegel einzuspannen, auf welche der Fries gelegt wird. Wo Parkettfußböden gelegt werden sollen, da ist der Blindboden entweder in Falze zwischen die Balken verlegt oder über die Balkenebene fortgestreckt. Wenn außer den Parketts auch gewöhnliche Dielungen resp. Patentfußböden angebracht werden, so legt man den Blindboden in die Balkenfalze, um alle Fußbodenflächen in eine Höhe zu bringen.

Weitere Arbeiten des Zimmermanns bestehen im Aufstellen der Holztreppen und Verschalen ihrer Unterseite, ferner in Legen des Bretterbelages auf dem Dachboden (Speicher) und im Aufstellen der Verschläge für die Boden- und Kellerräume.

Sobald die einfachen Fensterrahmen und die Futter der Doppelfenster und Balkonthüren mit Steinschrauben oder Bankeisen befestigt und von innen und außen gehörig verputzt, auch grundiert worden sind, kann an das Einhängen der inzwischen verglasten und verkitteten Fensterflügel gedacht werden.

Dieser Arbeit folgt — vorausgesetzt, daß es die Trockenheit der Wände erlaubt — das Legen der Fußböden. Bei Friesfußböden können direkt nach dem wagrechten Verlegen der Wandfriese die Thüren und Panneaux angeschlagen werden, deren Befestigung gegen eingemauerte und bei den Lambris gegen eingegypste Klötze geschieht. Das Legen der verleimten Tafeln erfolgt erst dann, wenn das Zuputzen aller, durch das Anschlagen der Tischlerarbeit beschädigten, Teile des Wandputzes geschehen ist.

Nach dem Einsetzen der Thüren, Anbringen der Täfelungen, Bekleiden von Unterzügen, Einfügen der Wandspinde 2c. ist in der Regel der Tischler (Schreiner) fertig. Bei seiner Arbeit kommt es vornehmlich auf reines, trocknes und gesundes Material an, auf genaues Aneinanderpassen der Profile, auf tiefe Nuten, damit bei gestemmter Arbeit das Quellen der Füllungen ungehindert vor sich gehen kann. — Gleichzeitig mit den Arbeiten des Tischlers sind auch die Abtrittsitze und die Badewannen nebst Badeöfen zu stellen und die Zapfhähne 2c. anzubringen; die Verbindung der Küchenausgüsse mit den Abfallrohren ist nach Vorschrift (vergl. Abschnitt III, § 9) zu bewirken. Der Anschluß an die öffentliche Wasserleitung wird durch Setzen des „Wassermessers“ gewonnen.

Zu den letzten Bauarbeiten gehört das Putzen der Öfen, das Anbringen der Telegraphen-Leitungen, das Tapezieren der Wände auf einen Untergrund von ungeleimtem Papier, das Grundieren, Streichen und Lackieren der Thüren und Fenster, das Ölen der Eichenholz-Arbeiten, resp. das Wachsen und Bohnen derselben, das Malen der Holzarbeiten und das Anbringen der Gasbeleuchtungs-Gegenstände.[1])

Zu den Anstricharbeiten ist noch nachzuholen: daß bei lackierten Arbeiten die Holzfläche nach dem Grundieren mit Bimsstein und Wasser glatt geschliffen werden muß, worauf ein zwei bis dreimaliger Anstrich und darüber erst der Lacküberzug aufgetragen wird.

Die zu tapezierenden Wände werden zunächst geleimt. Dann wird die Makulatur mit Kleister aufgeklebt und nach dem Trocknen derselben werden die gröbsten Erhöhungen der Putzkörner mit Bimsstein abgeschliffen, auch Bandstreifen mit Nägeln dicht unter dem Deckengesims befestigt, um die Ränder der Tapeten, die sich von frischem Putz gern ablösen, fest anhaftend zu machen. Ganz zuletzt werden die eigentlichen Tapeten aufgebracht, welche als Uni-fond-Tapeten und gemusterte Tapeten unterschieden werden. Letztere können Glanz- oder Golddrucktapeten, gepreßte oder Leder-, Marmor-, Holz- und Velourtapeten sein. Die Wände erhalten dabei Felderteilungen durch Uni-fond, Bordüren und polierte, gewachste oder vergoldete Holzleisten mit zugehörigen Eckstücken. In gleicher Weise werden Lambris von diversen natürlichen oder imitierten Holzarten und aufgesetzten Stäben hergestellt, während für Badezimmer zuweilen präparierte unverwesliche Tapeten (meist eine Imitation der holländischen Kachelbekleidungen) zur Anwendung kommen.

1) Daß die Decken- und Wandauslässe der Gasrohrleitungen vor dem Anbringen der Hängearme, Kronen und Wandarme mit Pfropfen verschlossen werden müssen, ist in Abschnitt II dieses Bandes erörtert worden.

Die Berechnung der Kosten für das Tapezieren geschieht nach der Stückzahl der Tapeten. Ein Stück Tapete hat gewöhnlich 0,47 m Breite und 8,16 m Länge, also 3,84 qm Inhalt, so daß es in gewöhnlichen Zimmern meistens zu zwei Bahnen ausreicht. Auch die Bordüren werden nach Stücken von 8,16 m Länge bezogen.

Anm. Während des Tapezierens müssen die Fenster geschlossen gehalten werden, weil durch zu rasches Abtrocknen des Kleisters die Tapeten gern abspringen.

Zur Fertigstellung des Baues gehört endlich auch das Legen des Trottoirs, das Pflastern der Zugänge und die Einfriedigung des Hofes und Gartens, falls ein solcher vorhanden ist.

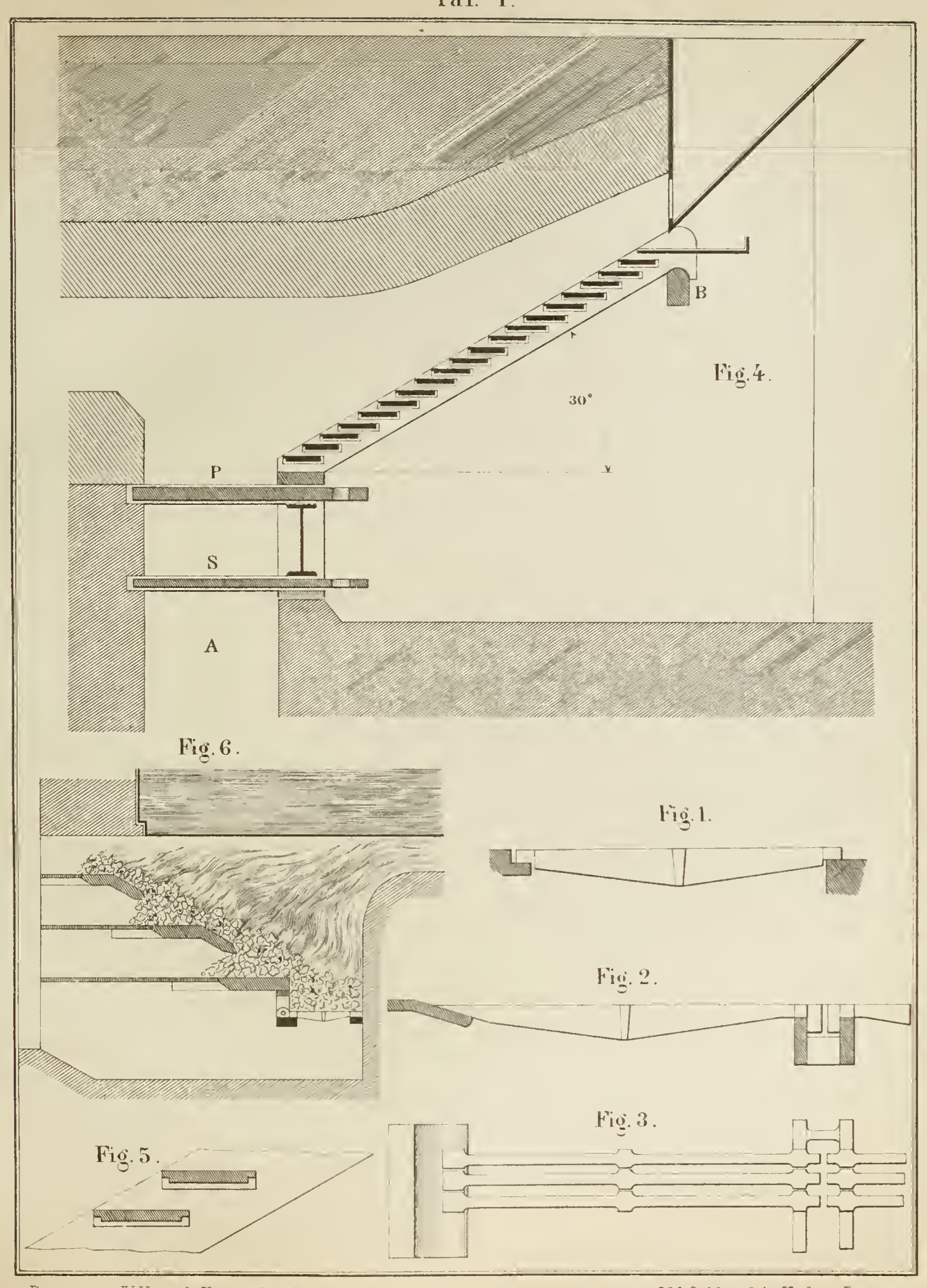
Bei allen von den Unternehmern gelieferten Materialien wird der Aufsichtsbeamte gut thun, sich die Überzeugung zu verschaffen, daß sie nach Probe geliefert, eventuell den Bestimmungen des Vertrages gemäß zusammengestellt wurden. Im übrigen werden die Anordnungen so zu treffen sein, daß die Bauarbeiten in zweckmäßiger Reihenfolge und ohne Unterbrechung fortgeführt werden können.

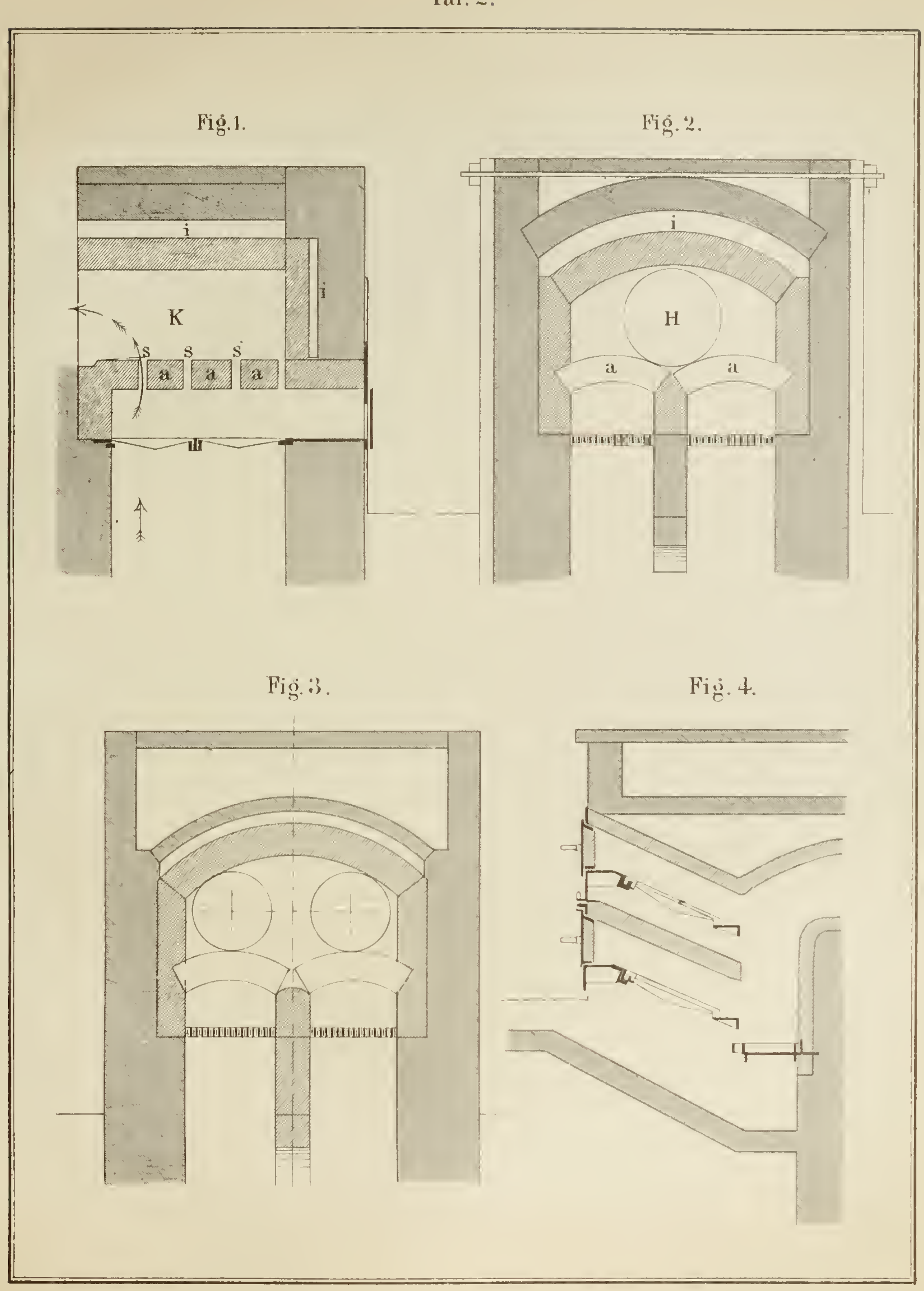
Druckfehler-Verzeichnis.

Auf	Seite	133,	Spalte	2,	Zeile	17	von	oben	ist	statt	§ 66	zu	lesen.	§ 51
„	„	135,	„	1,	„	4	„	„	„	„	§ 57	„	„	§ 51.
„	„	136,	„	5,	„	4	„	„	„	„	§ 66	„	„	§ 52.
„	„	160,	„	2,	„	21	„	„	„	„	B.	„	„	C.
„	„	228,	„	2,	„	14	„	„	„	„	Taf 17	„	„	Taf 17

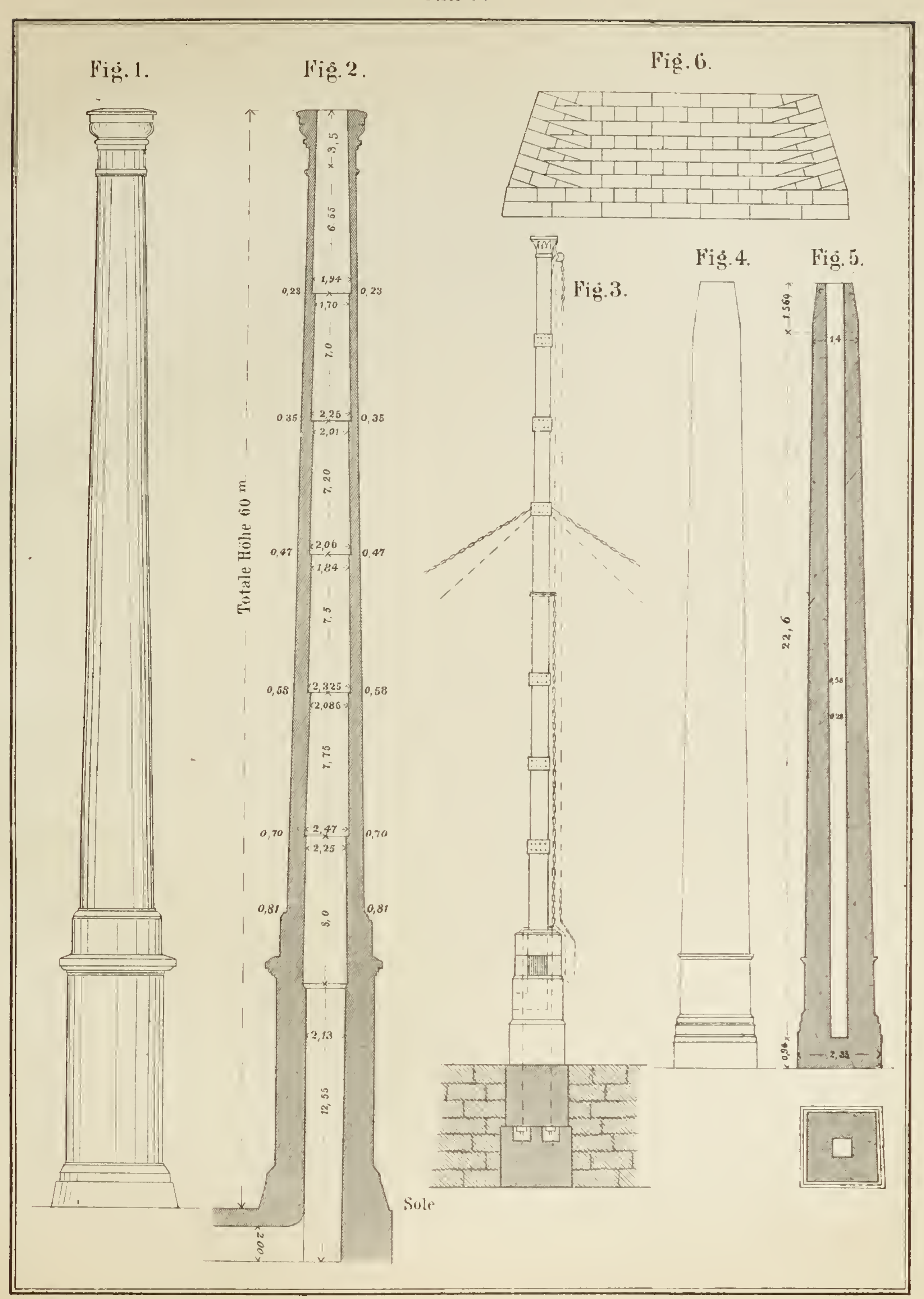
Leipzig.
Druck von A. Th. Engelhardt.

Taf. 1.

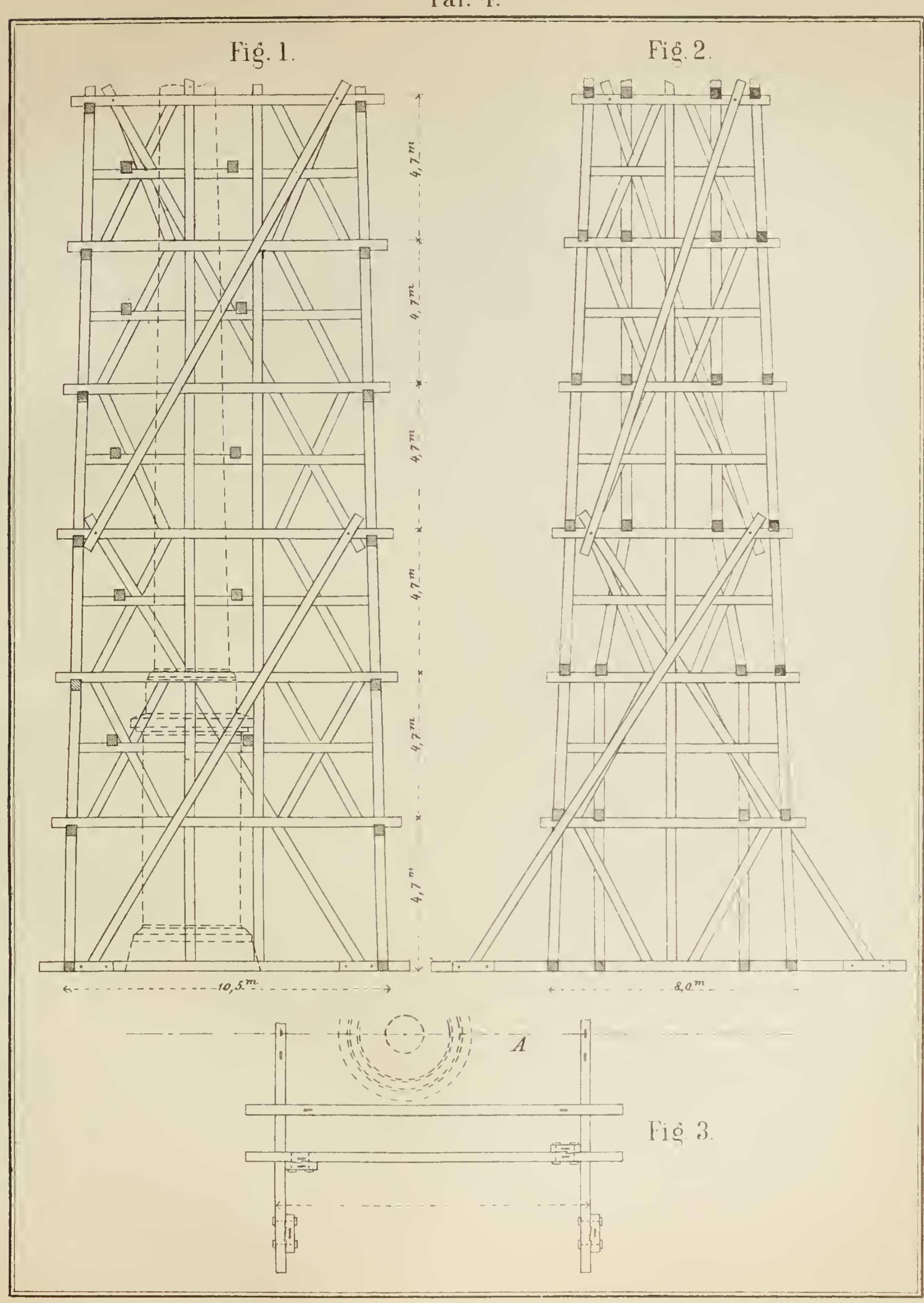




 J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig



 J M Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1.
Fig. 2.
4,7m
4,7m
4,7m
4,7m
4,7m
4,7m
10,5.m
8,0m
A
Fig. 3.

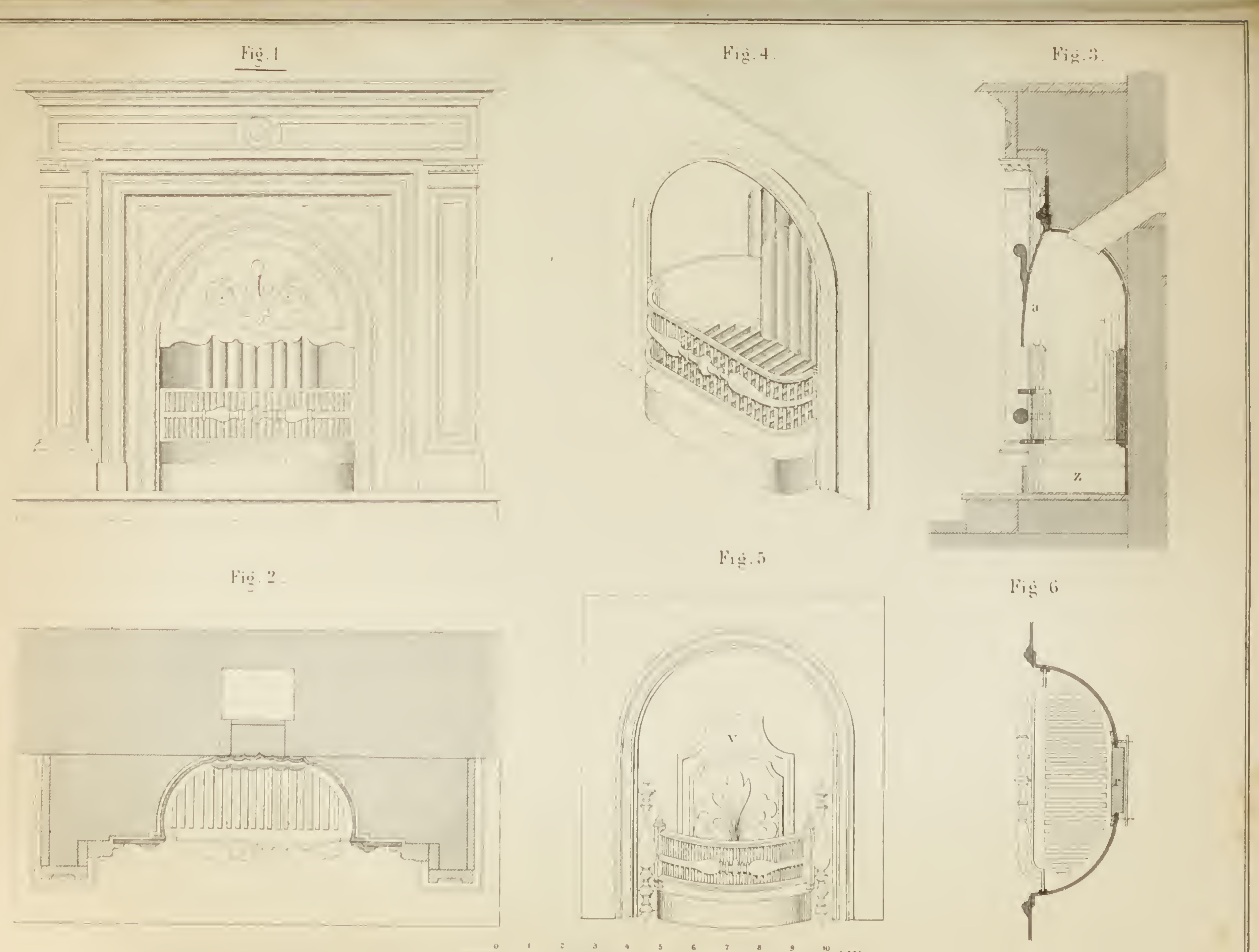
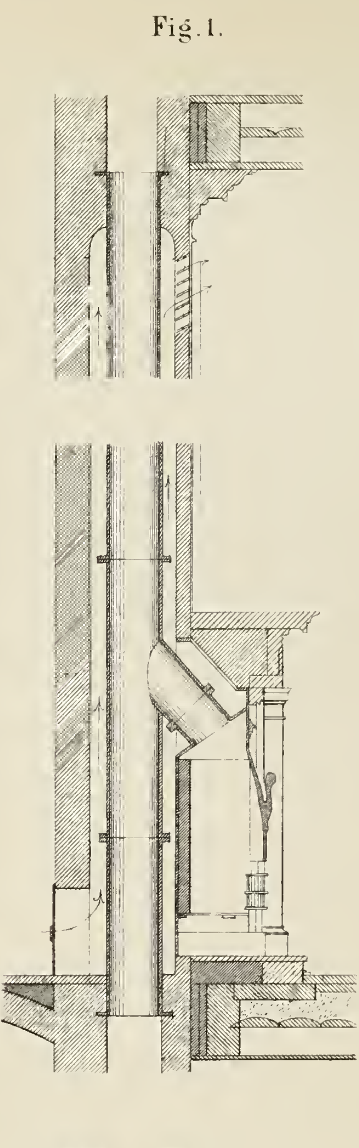

Fig. 1
Fig. 4.
Fig. 3.
a
z
Fig. 2.
Fig. 5
v
Fig 6
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 1 Mtr.

Fig. 1.



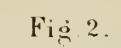
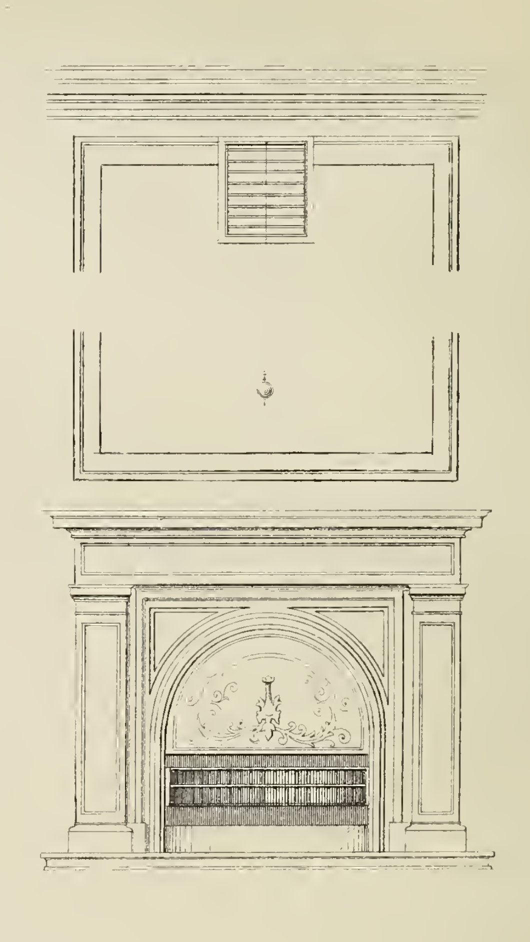


Fig. 2.



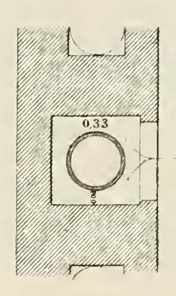
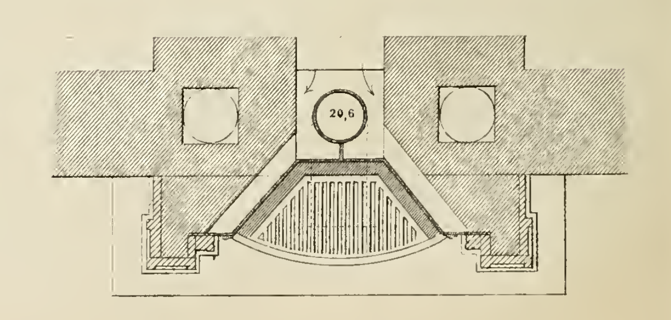
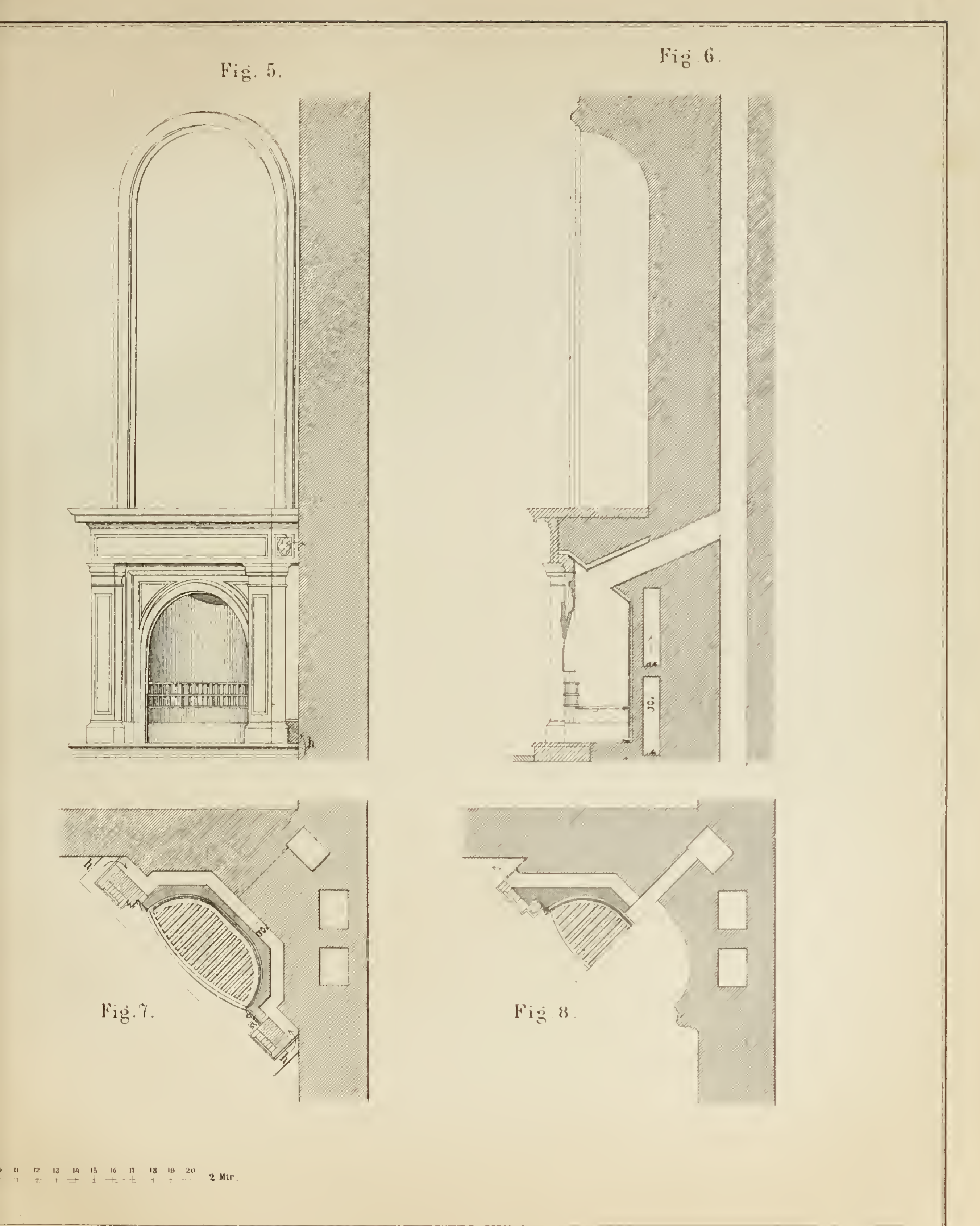


Fig. 4.

Fig. 3.



6.



M Ge arat Verlag Leipzi

Fig. 5.

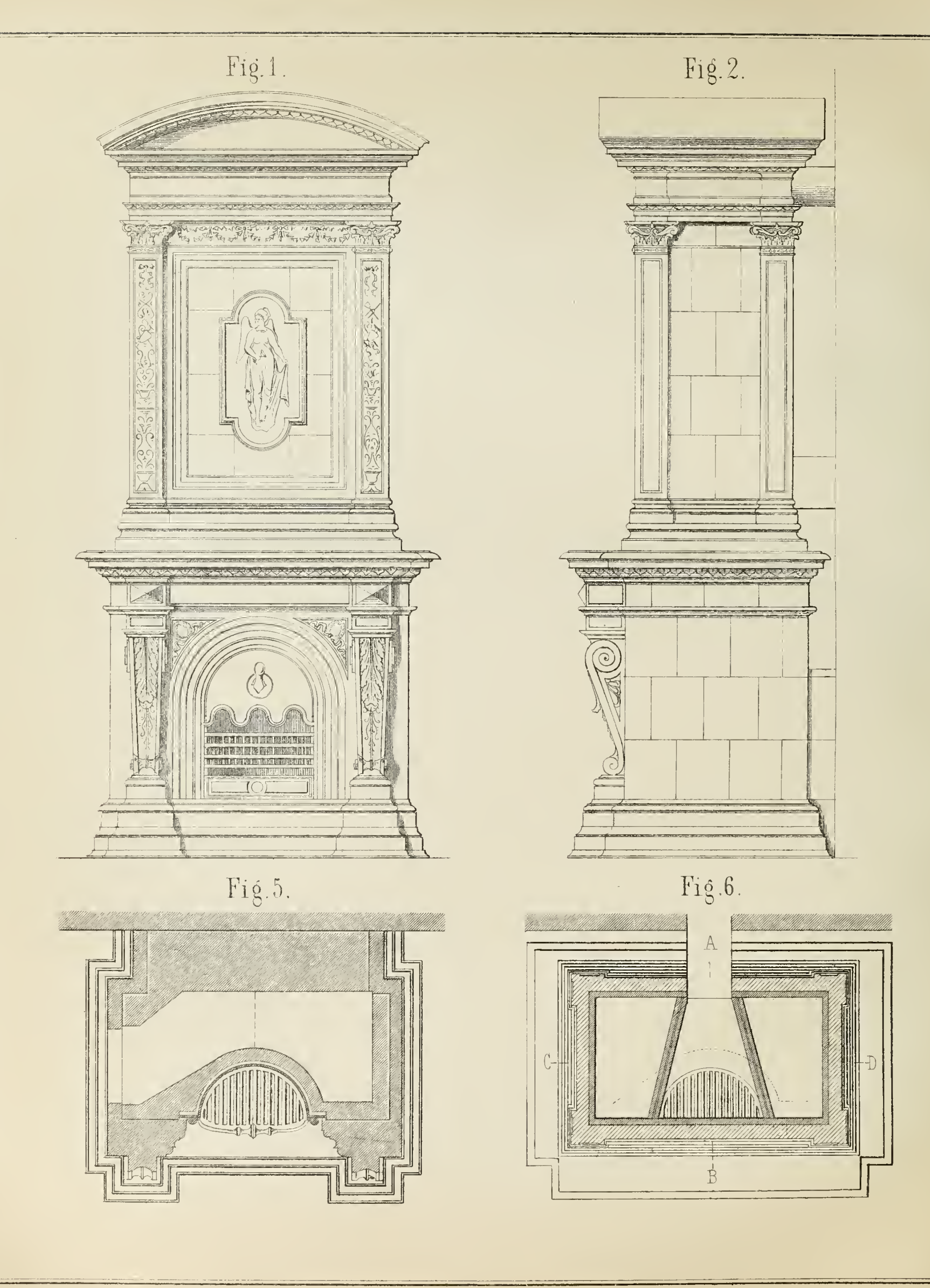
Fig. 4.

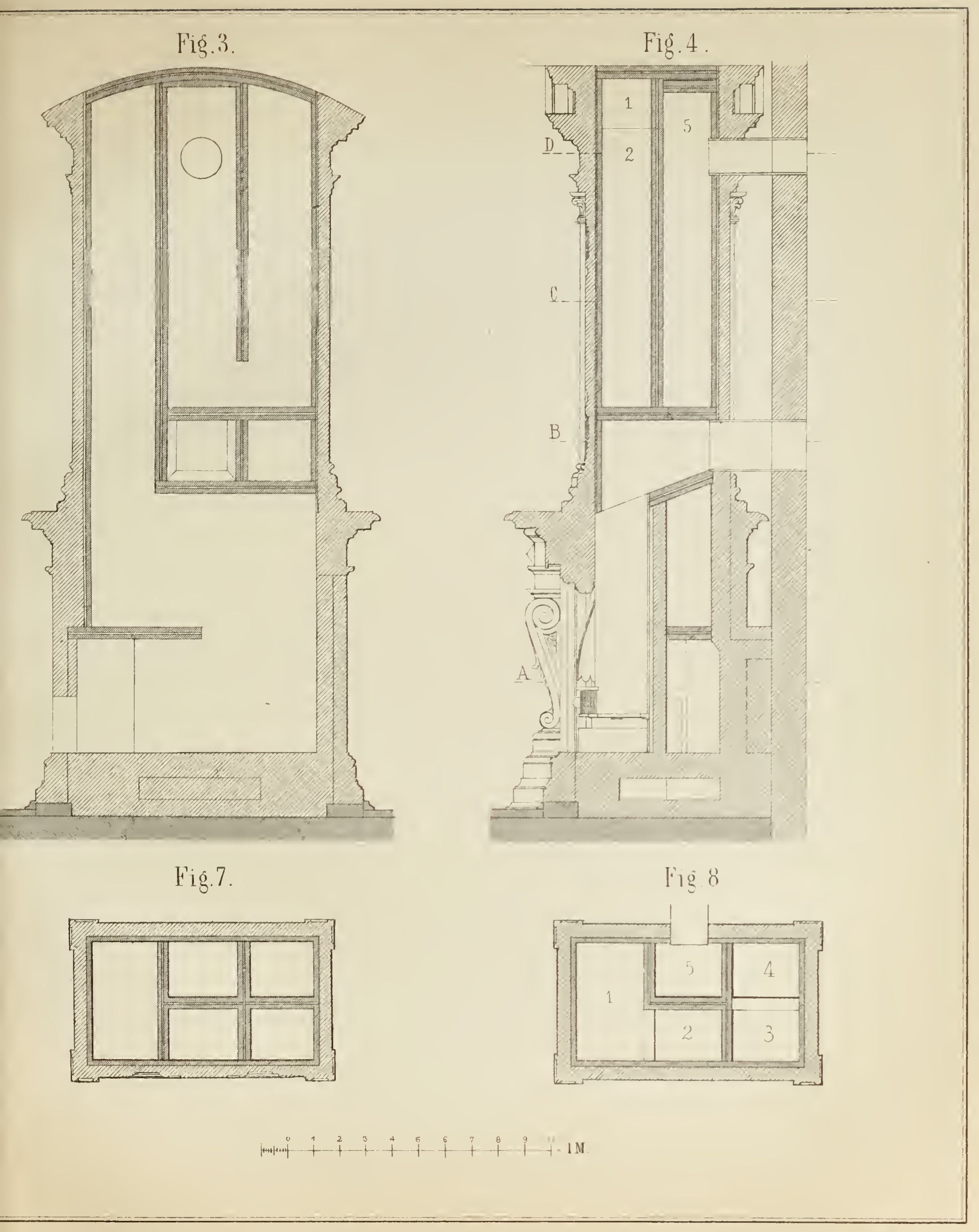
Fig. 3.

Fig. 6.

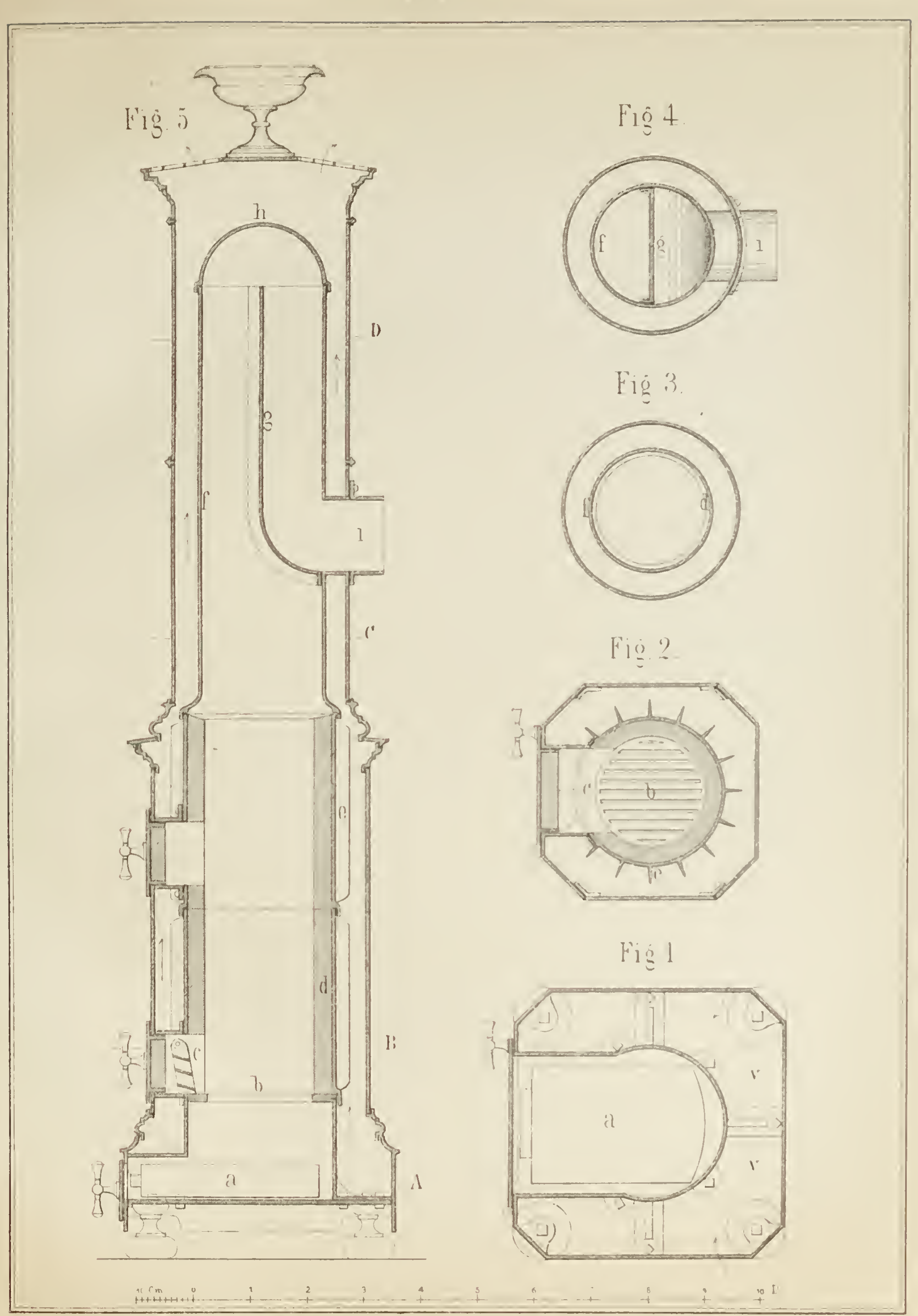
Fig. 2.

Fig. 1.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 6.
A
C
D
B

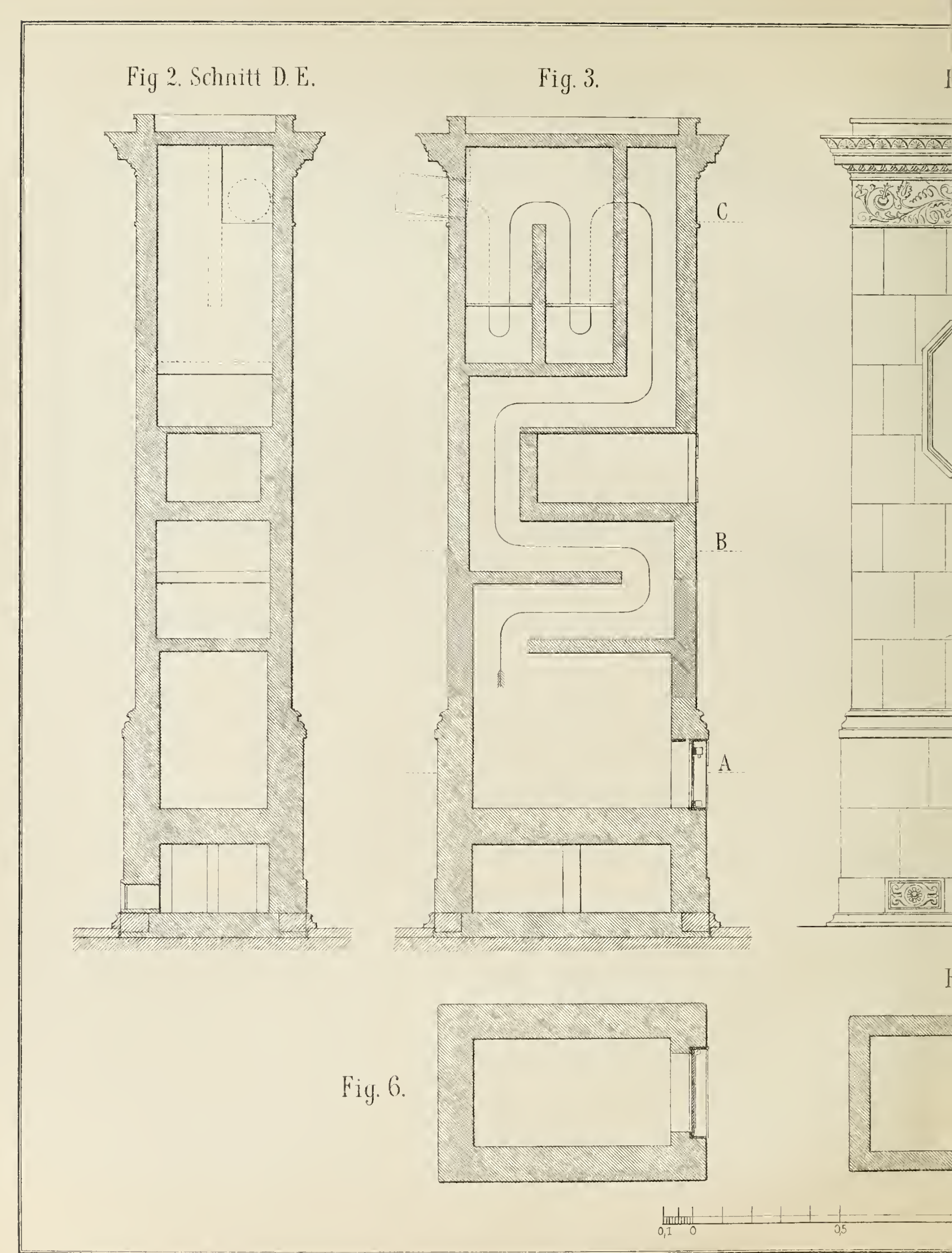


J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

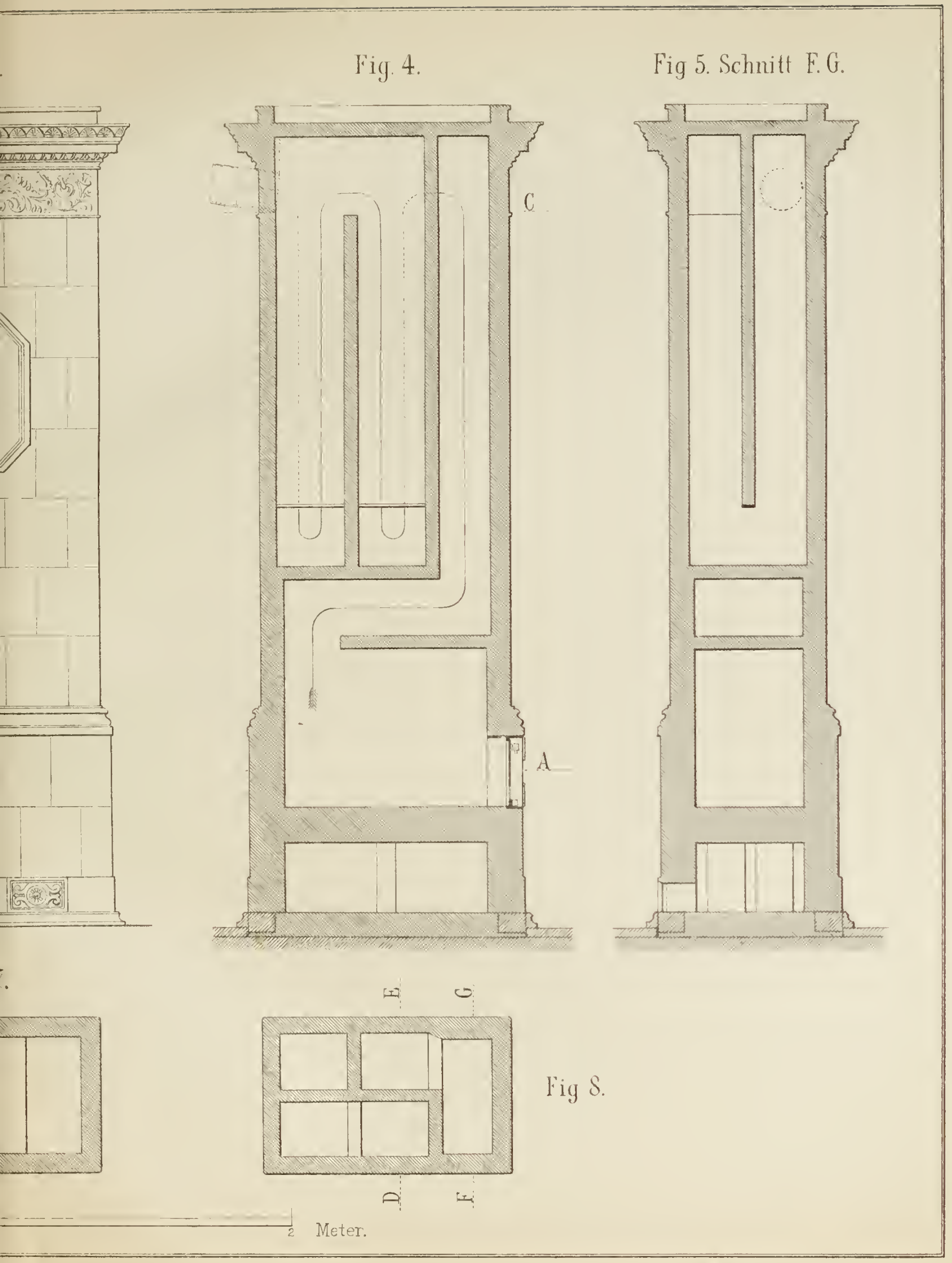


Breymann IV Versch. Konstr. 5 Aufl.

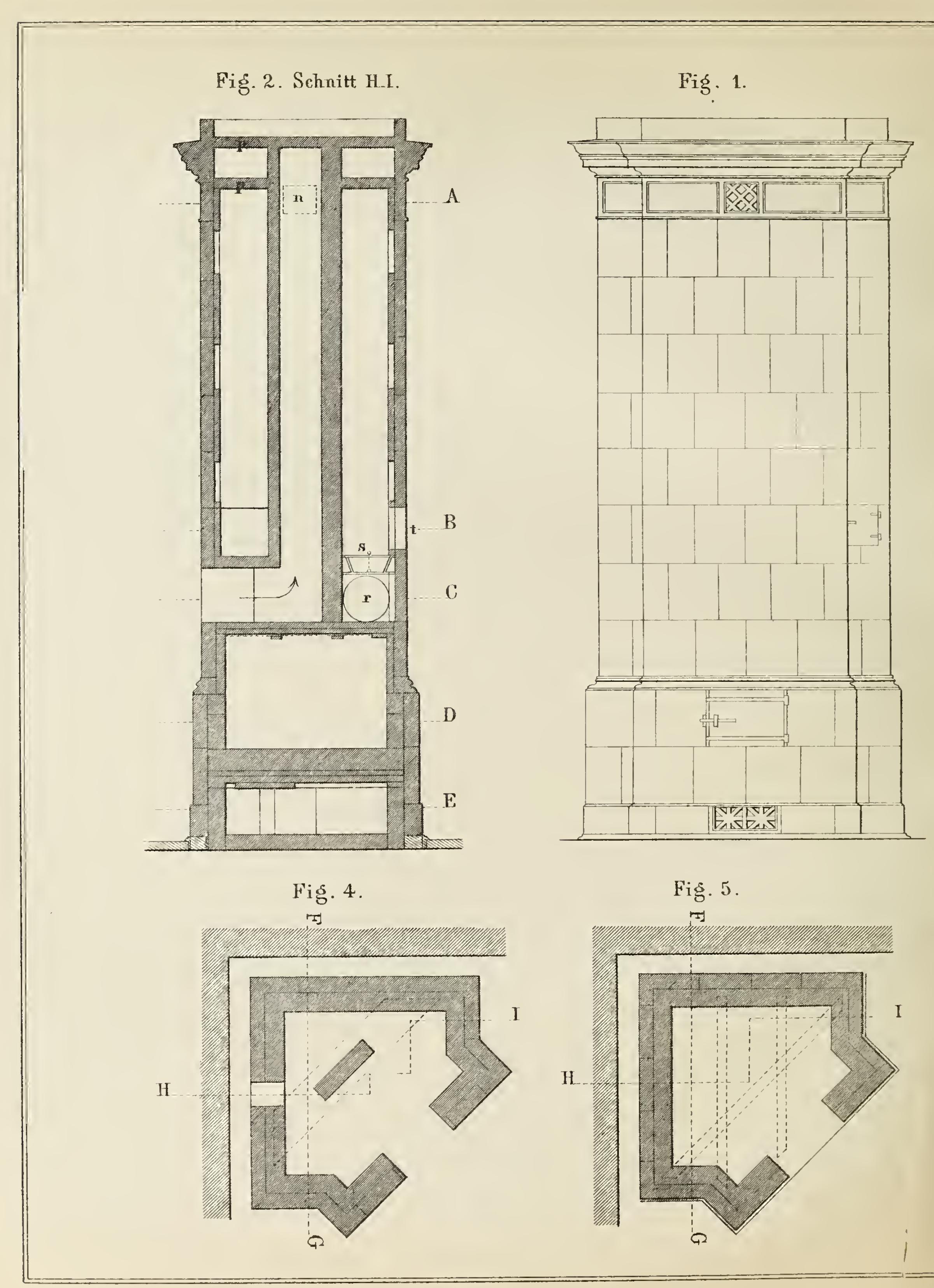
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

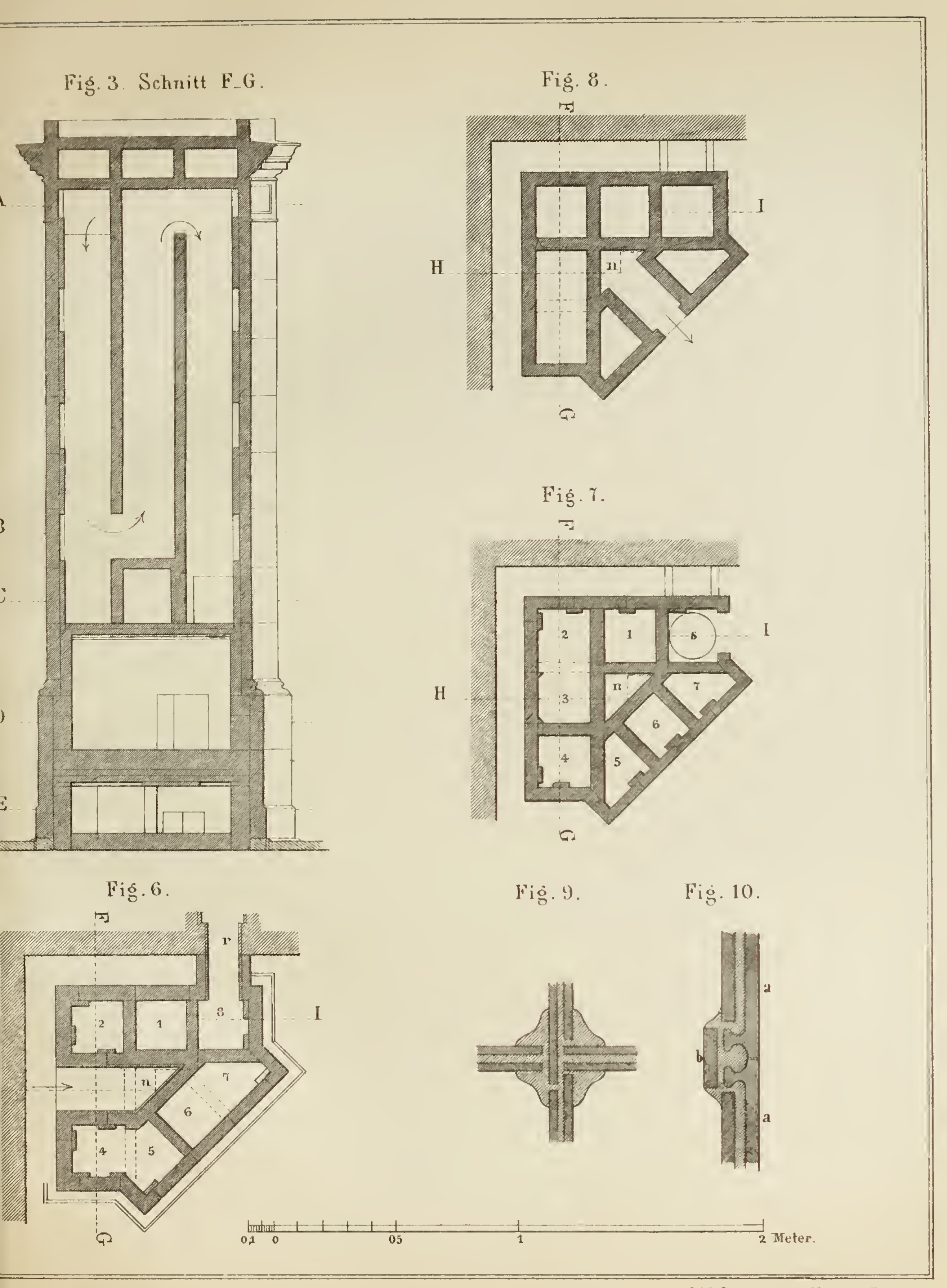

Fig 2. Schnitt D. E.
Fig. 3.
C
B
A
Fig. 6.
0,1
0
0,5

0.

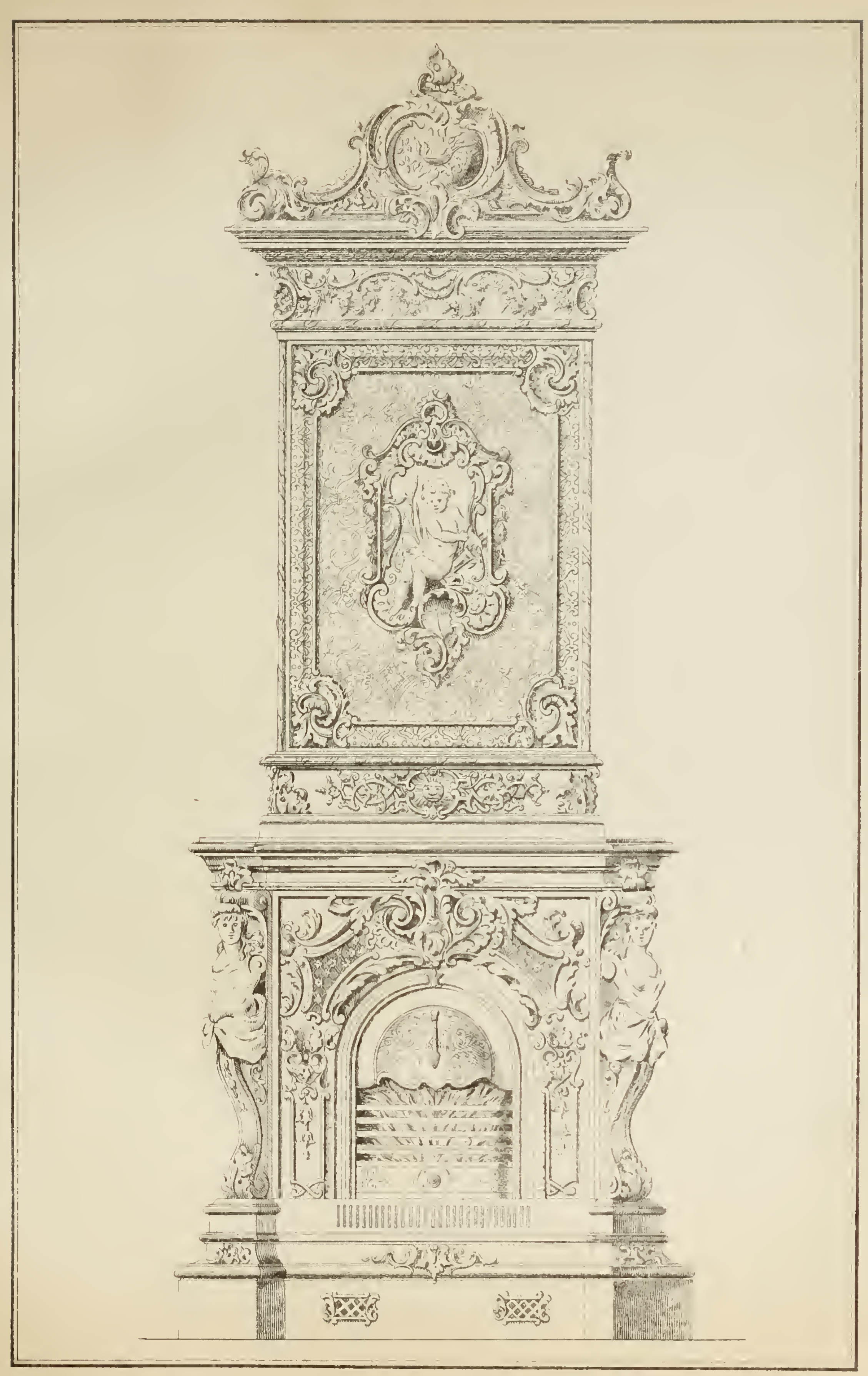


J M Gebhardt's Verlag, Leipzig.

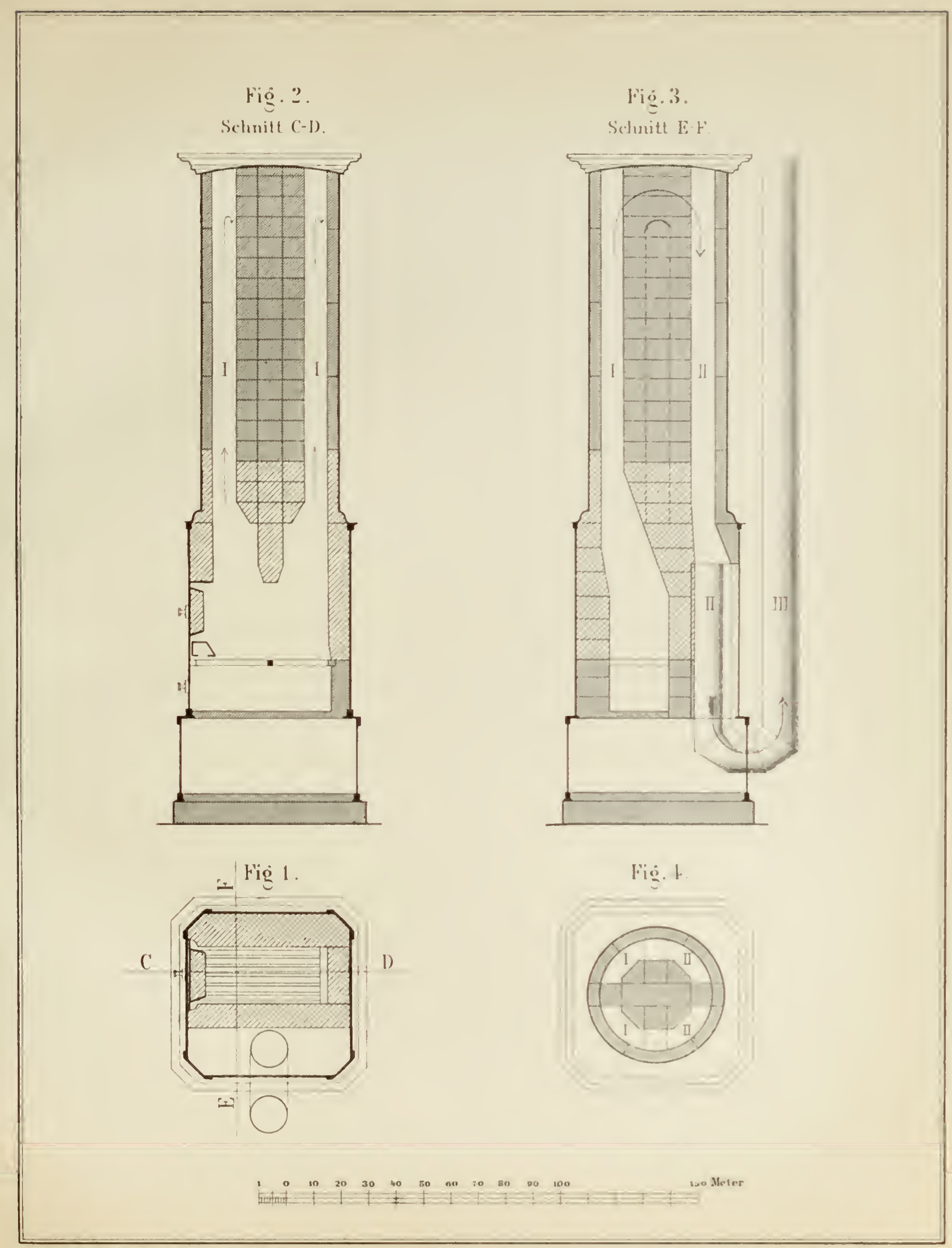

Fig. 2. Schnitt H.I.
Fig. 1.
p
p
n
A
B
t
s
C
r
D
E
Fig. 4.
Fig. 5.
F
I
H
G
F
I
H
G

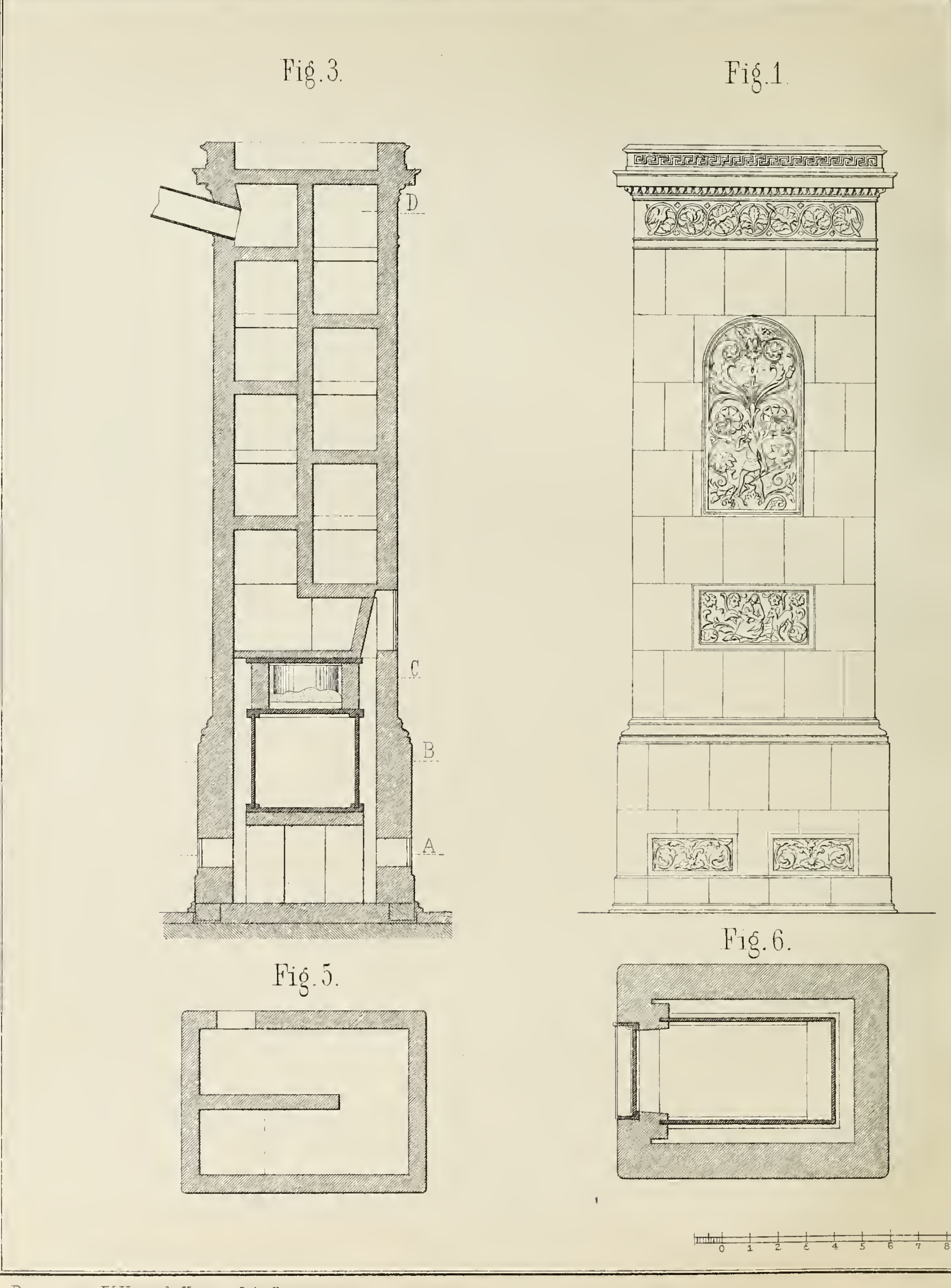


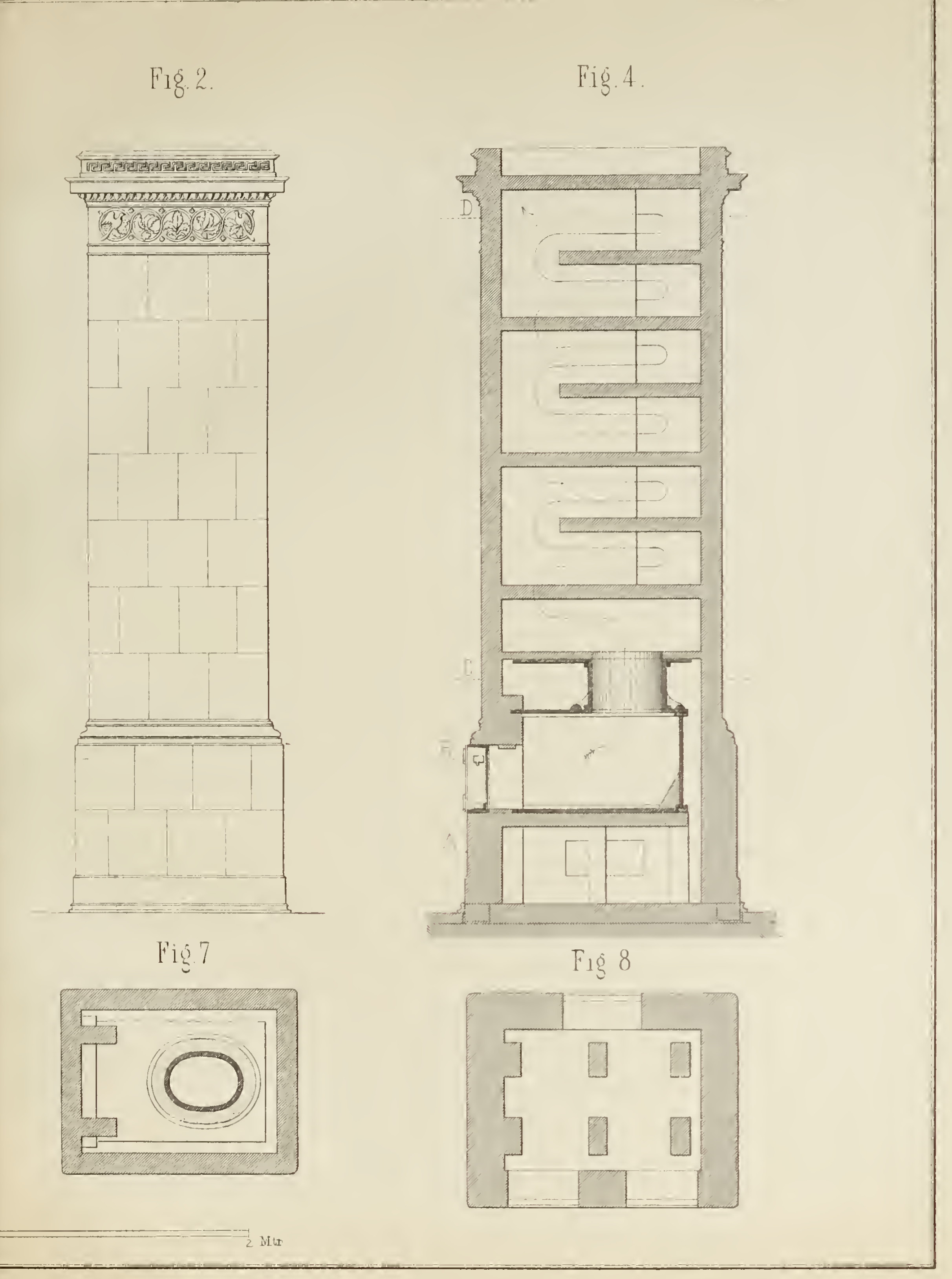
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

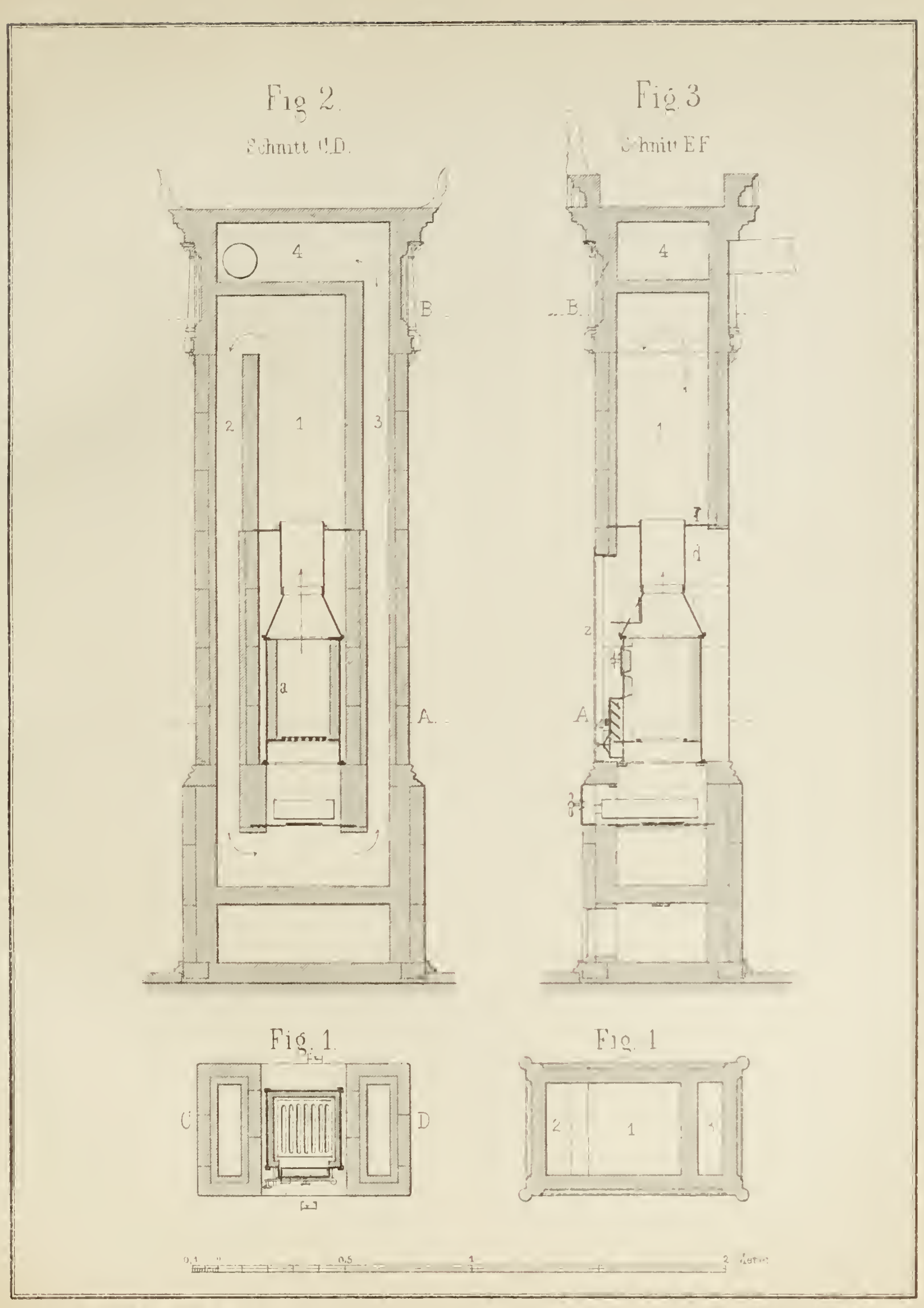

Fig. 2.
Schnitt C-D.
I
I
Fig. 3.
Schnitt E-F.
I
II
II
III
Fig 1.
F
C
D
E
Fig. 4.
I
II
I
II
1 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 150 Meter

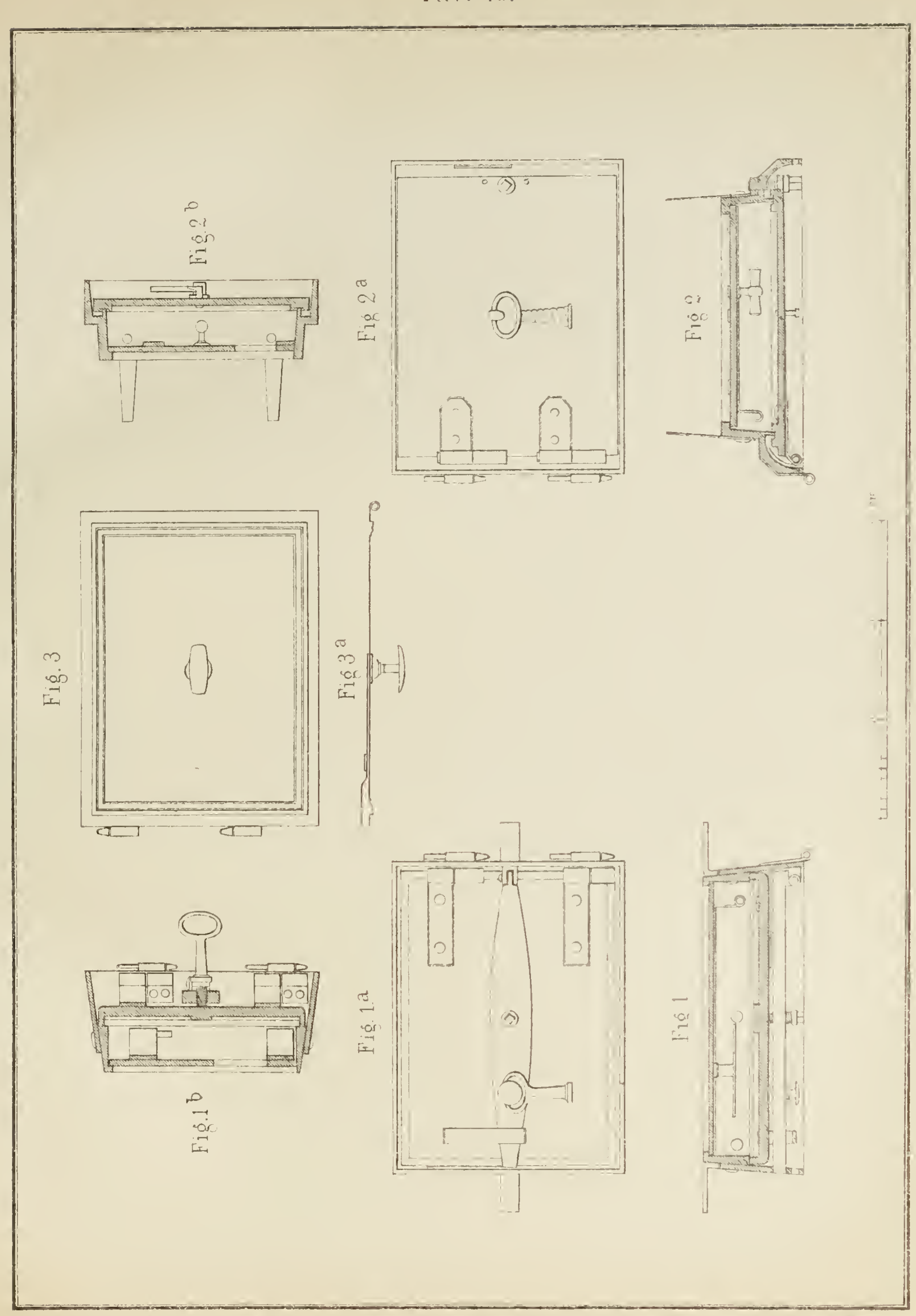

Fig. 3.
Fig. 1.
D
C
B
A
Fig. 5.
Fig. 6.
0
1
2
3
4
5
6
7
8



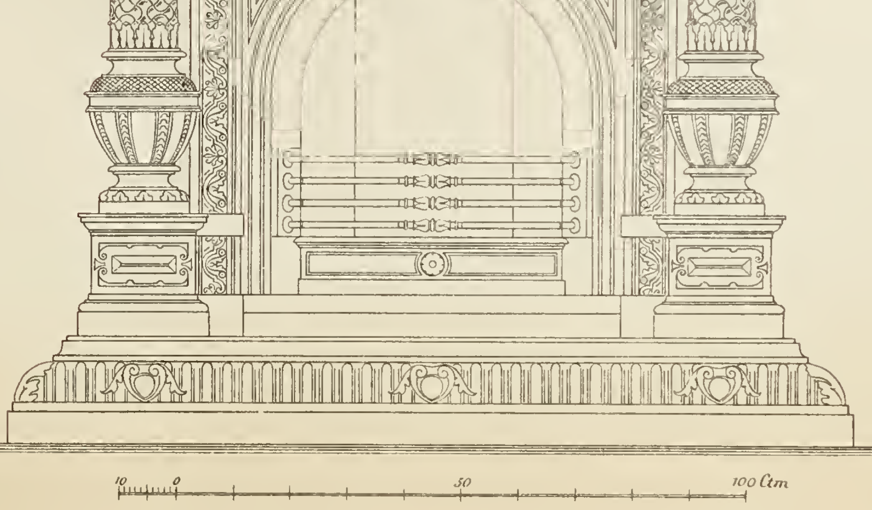
J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

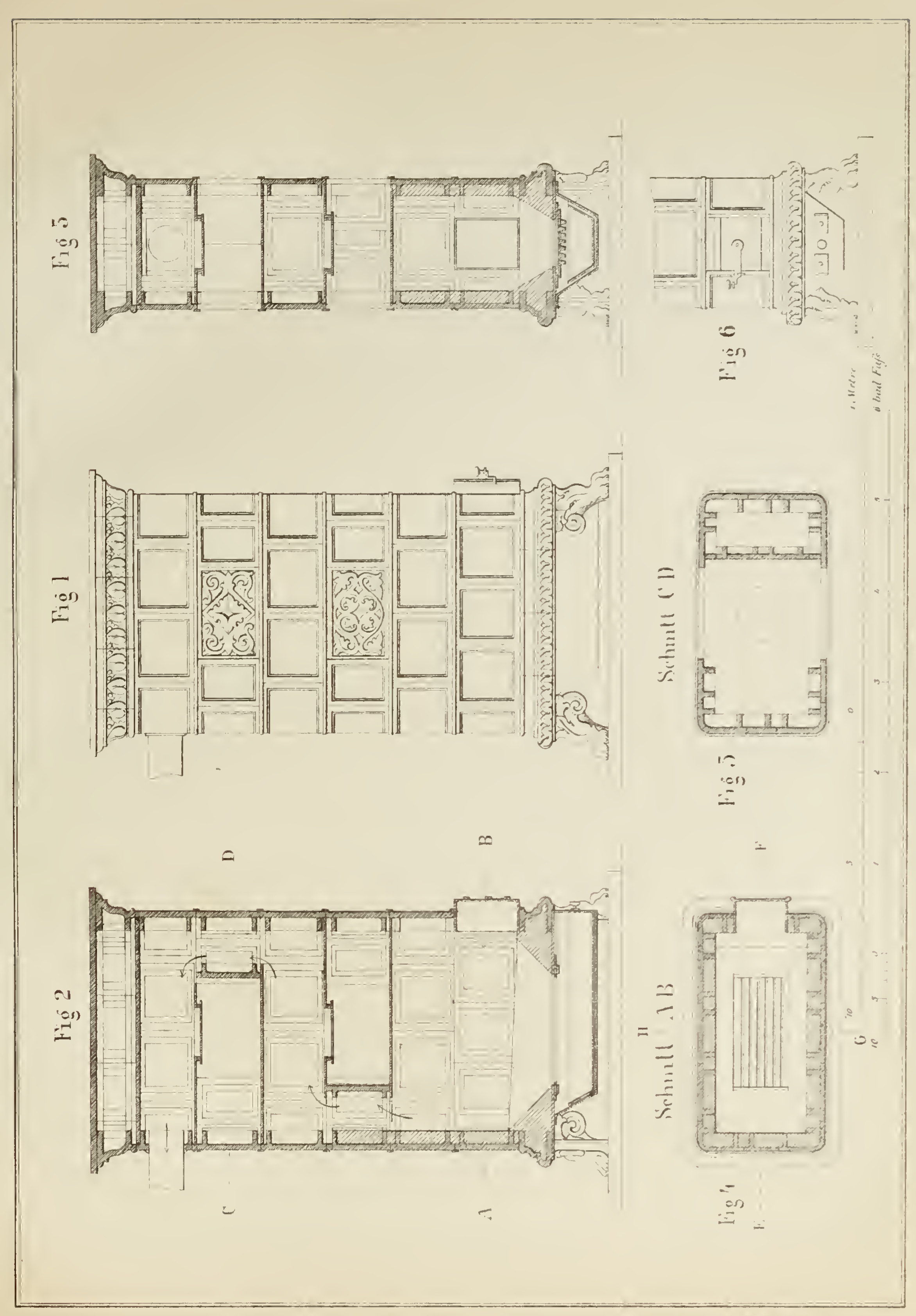
Taf. 15.

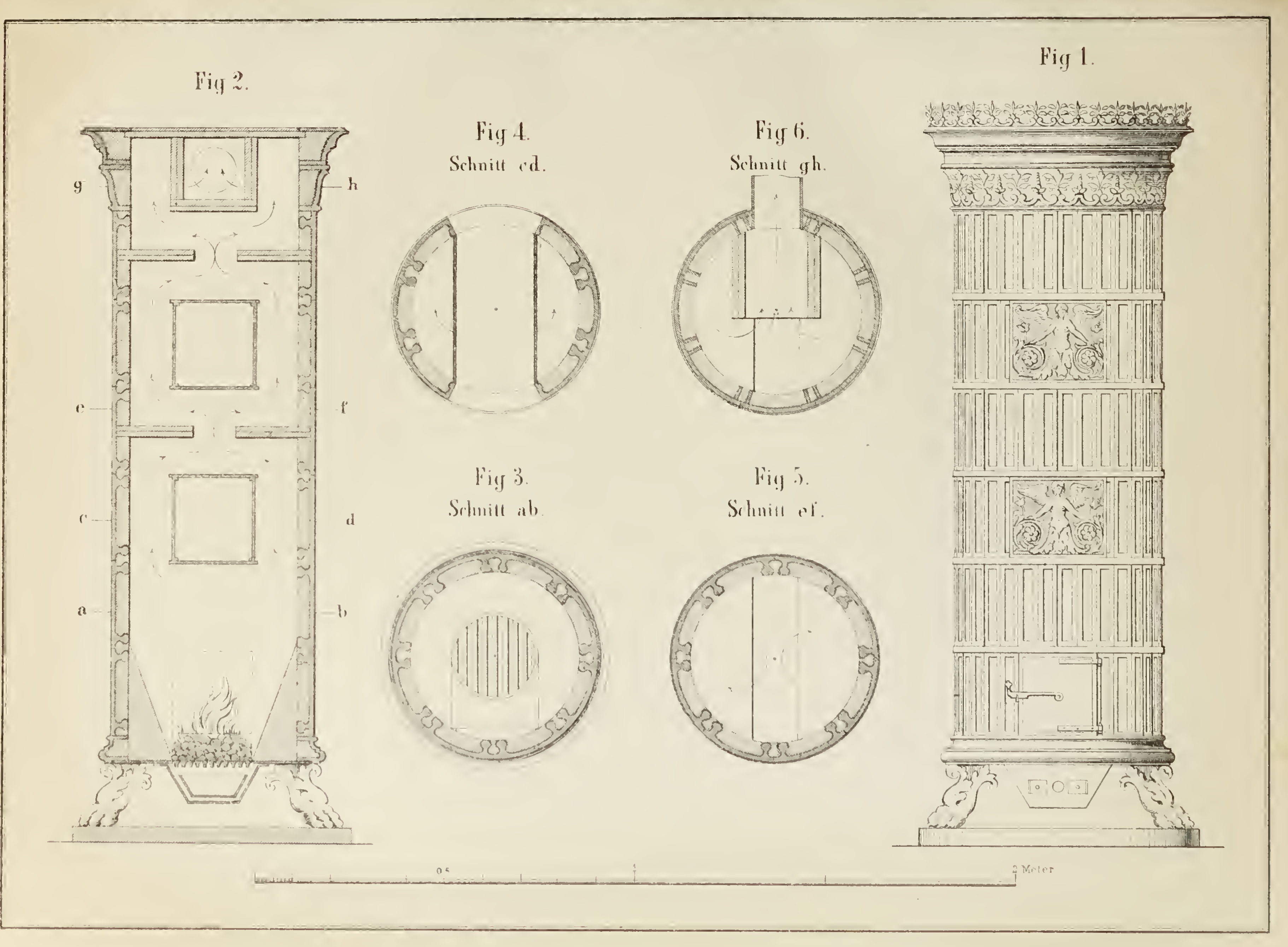




M Gebhardt's Verlag, [illegible]


10 0
50
100 Ctm


Fig 1
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Schnitt CD
Schnitt AB
A
B
C
D


Fig 2.
Fig 4.
Schnitt cd.
Fig 6.
Schnitt gh.
Fig 1.
g
h
e
f
c
d
a
b
Fig 3.
Schnitt ab.
Fig 5.
Schnitt ef.
0.5
1
2 Meter

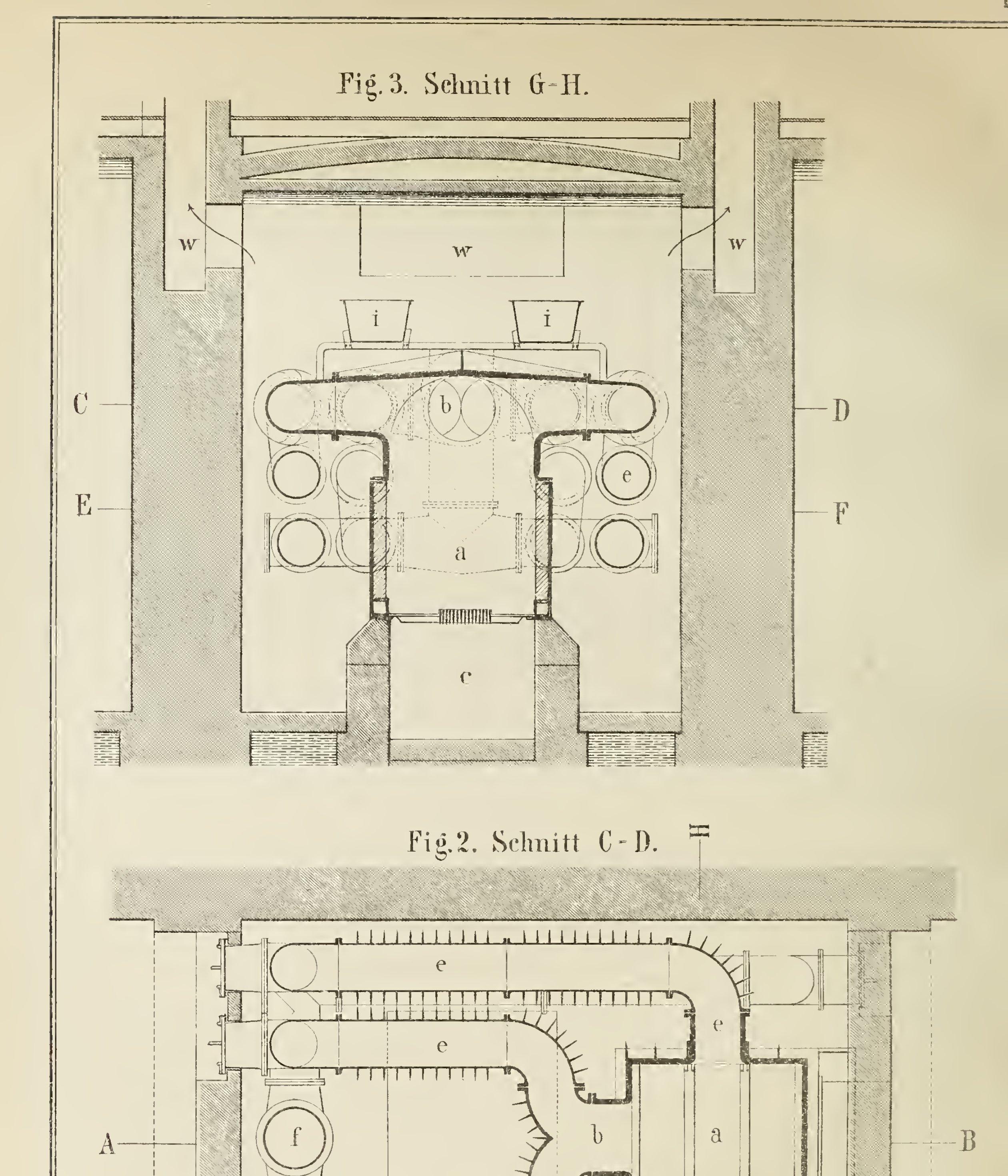
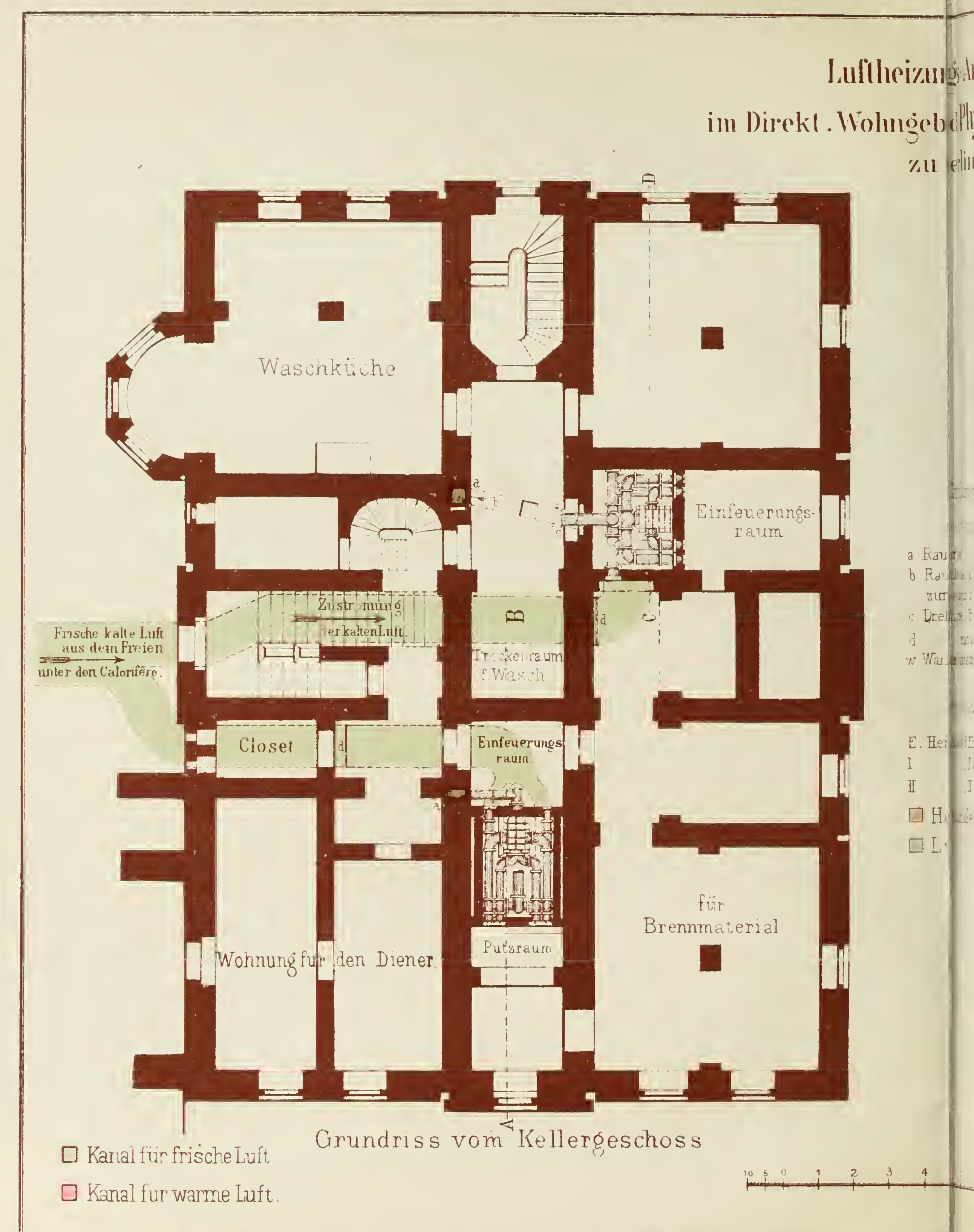


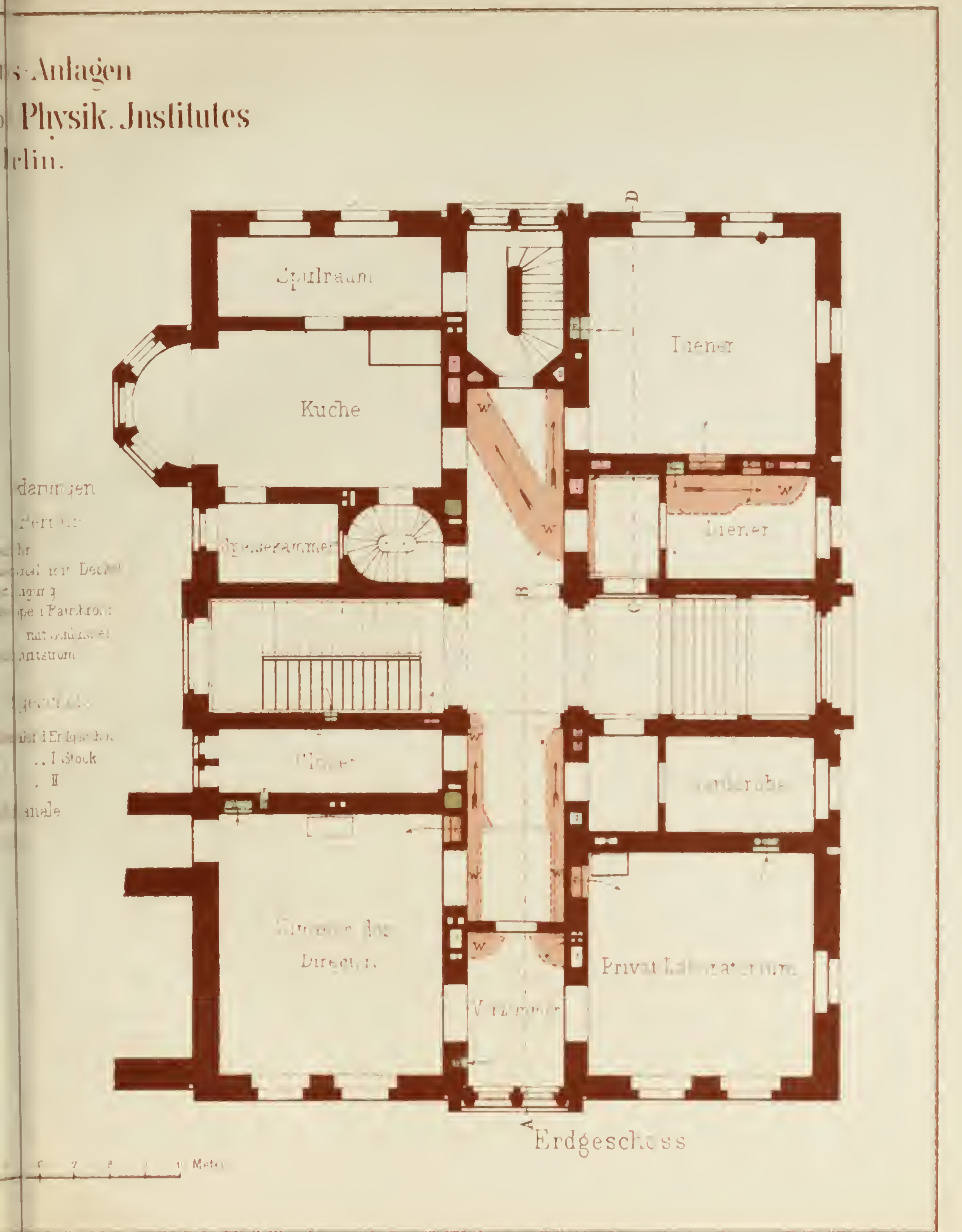
Fig. 3. Schnitt G-H.

Fig. 2. Schnitt C-D.

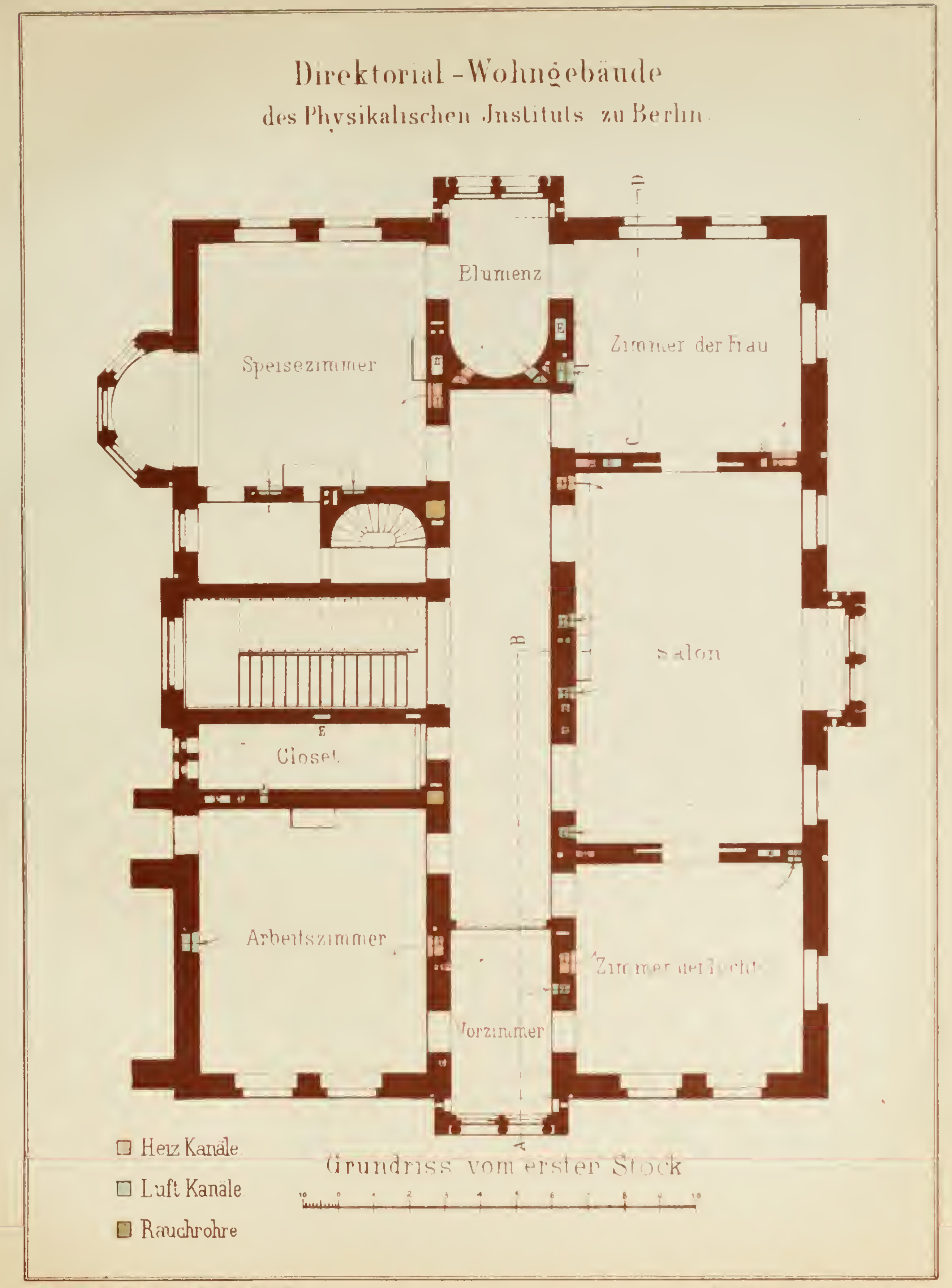
Fig. 4. Schnitt A-B.

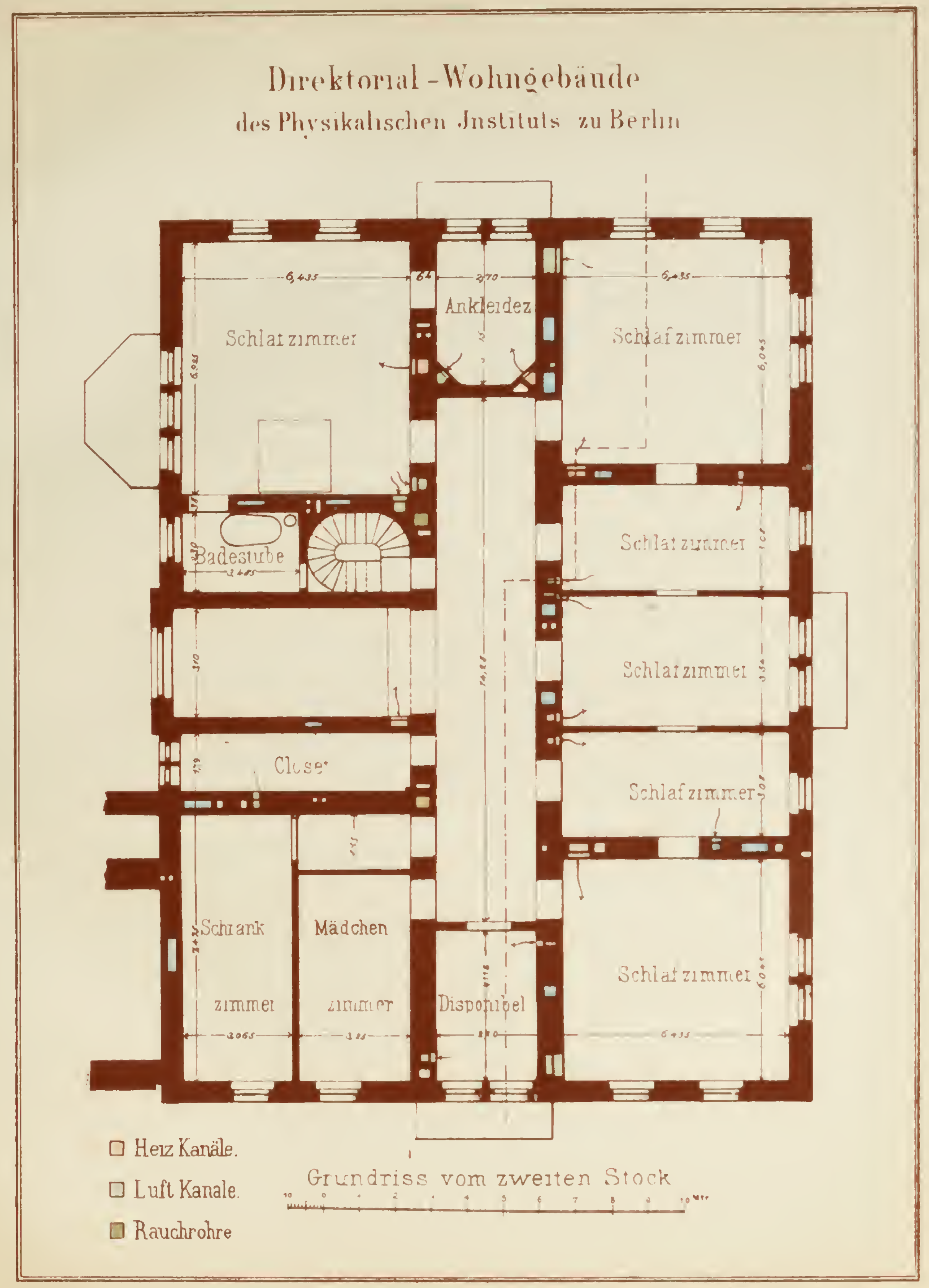
Fig. 1. Schnitt E-F.


Luftheizungs-An
im Direkt. Wohngeb
zu
Waschküche
Einfeuerungs-raum
Zuströmung der kalten Luft
B
Frische kalte Luft aus dem Freien unter den Calorifère.
Trockenraum f. Wäsch
Closet
Einfeuerungs raum.
für Brennmaterial
Putzraum
Wohnung für den Diener.
Grundriss vom Kellergeschoss
Kanal für frische Luft
Kanal fur warme Luft.
10 5 0 1 2 3 4

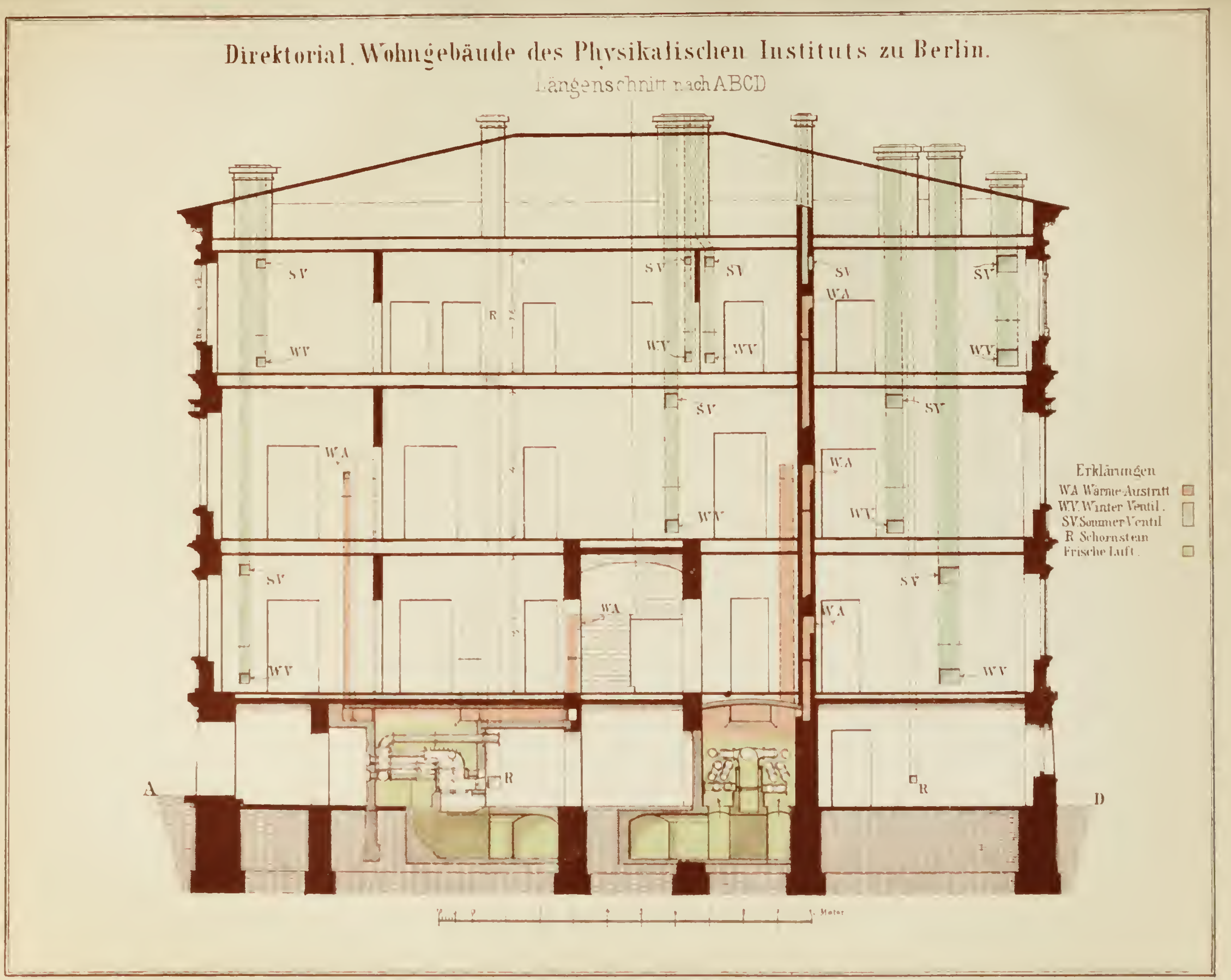


M. Gebhardt's Verlag Leipzig

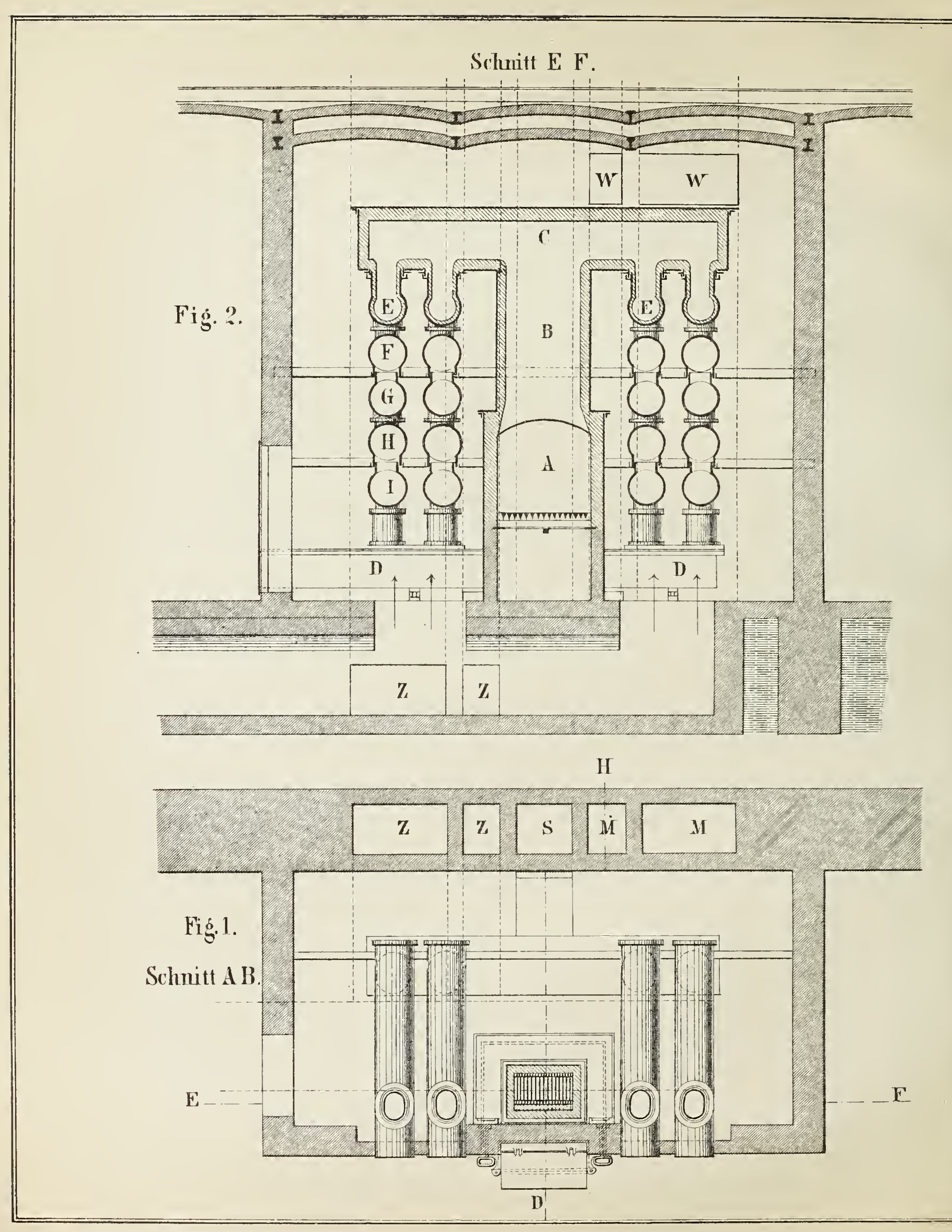

Direktorial-Wohngebäude
des Physikalischen Instituts zu Berlin.
Blumenz
Speisezimmer
Zimmer der Frau
Closet
Salon
Arbeitszimmer
Vorzimmer
Heiz Kanäle
Luft Kanäle
Rauchrohre
Grundriss vom ersten Stock

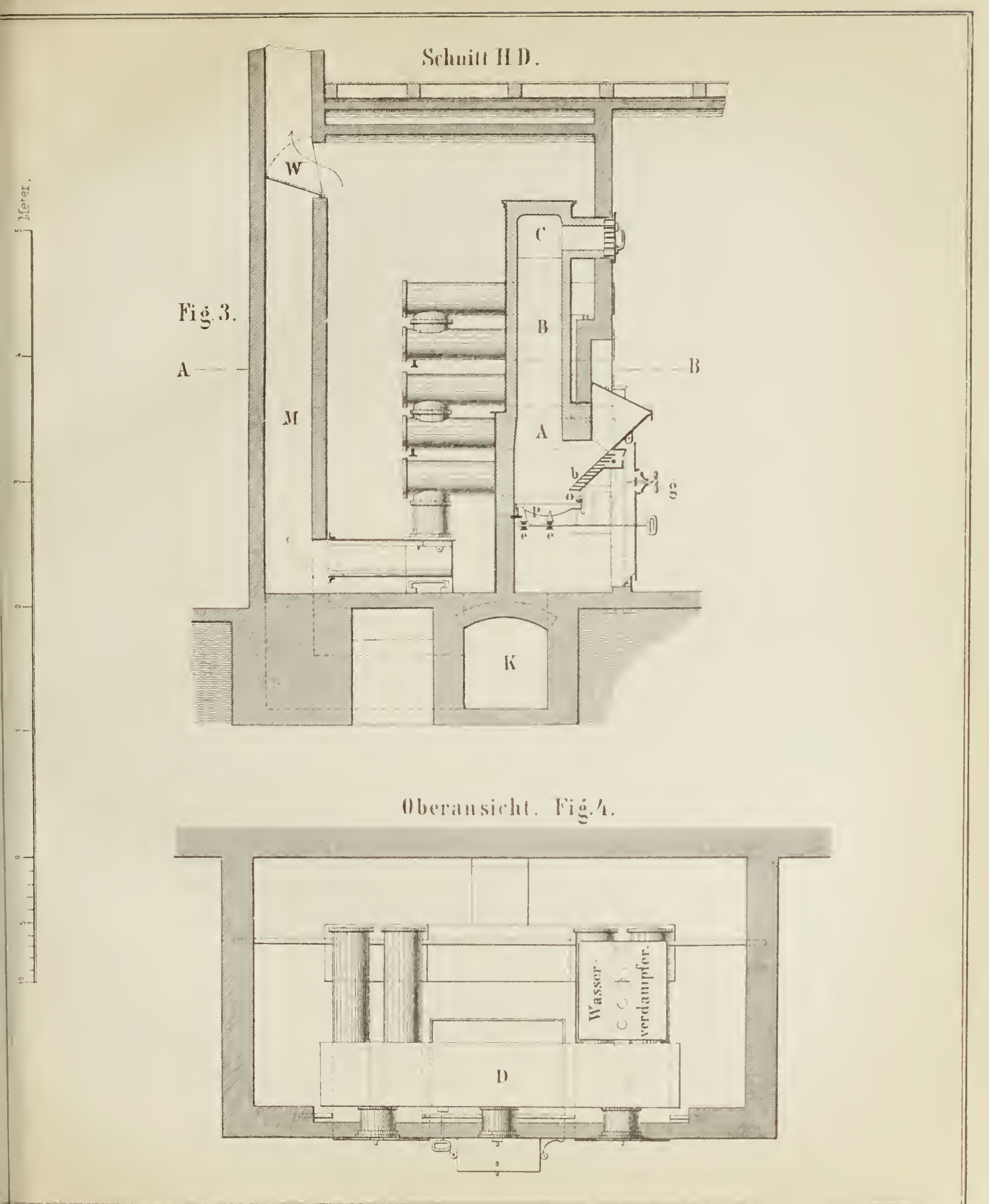


J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

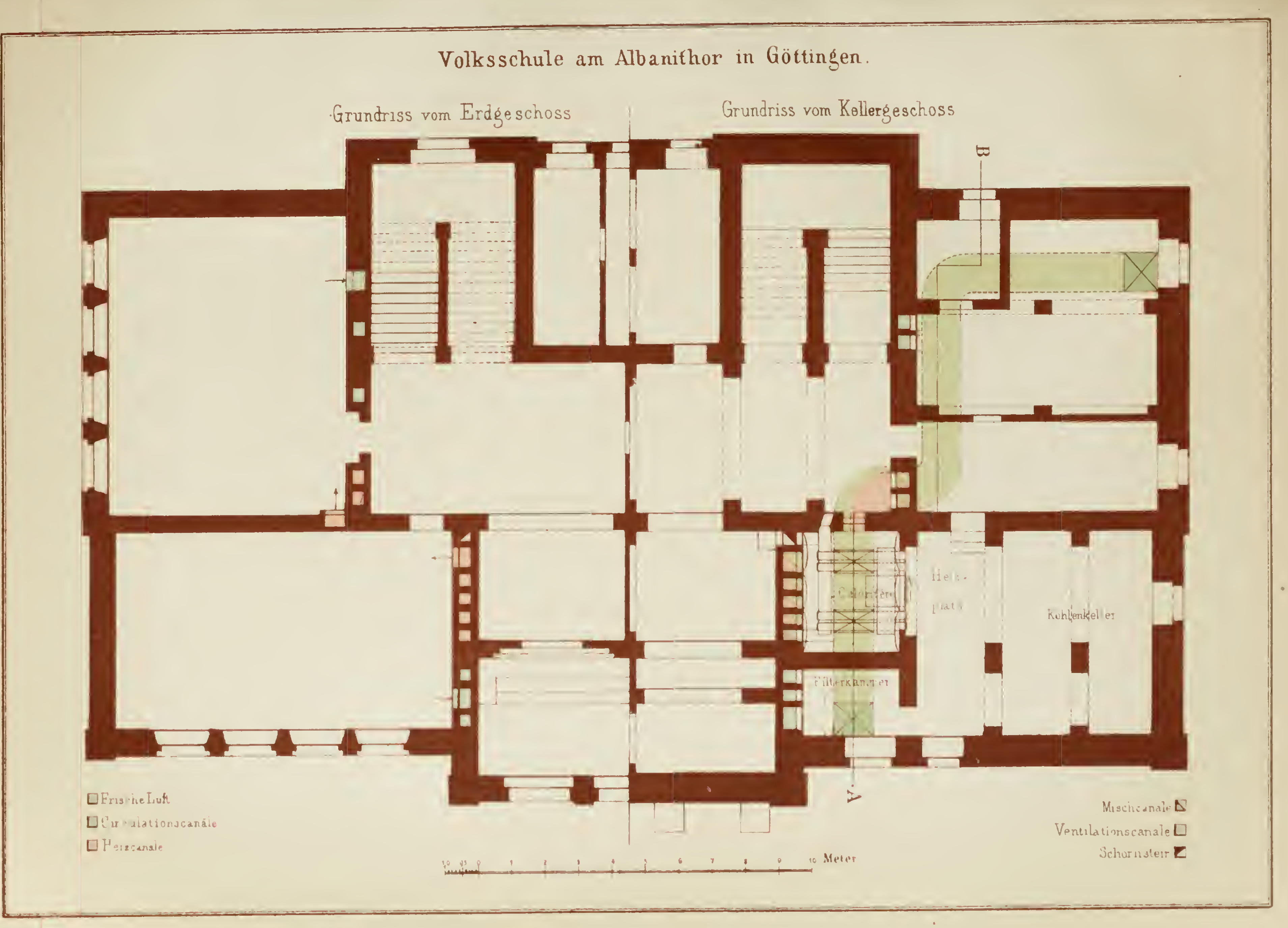


J.M. Gebhardt's Verlag Leipzig

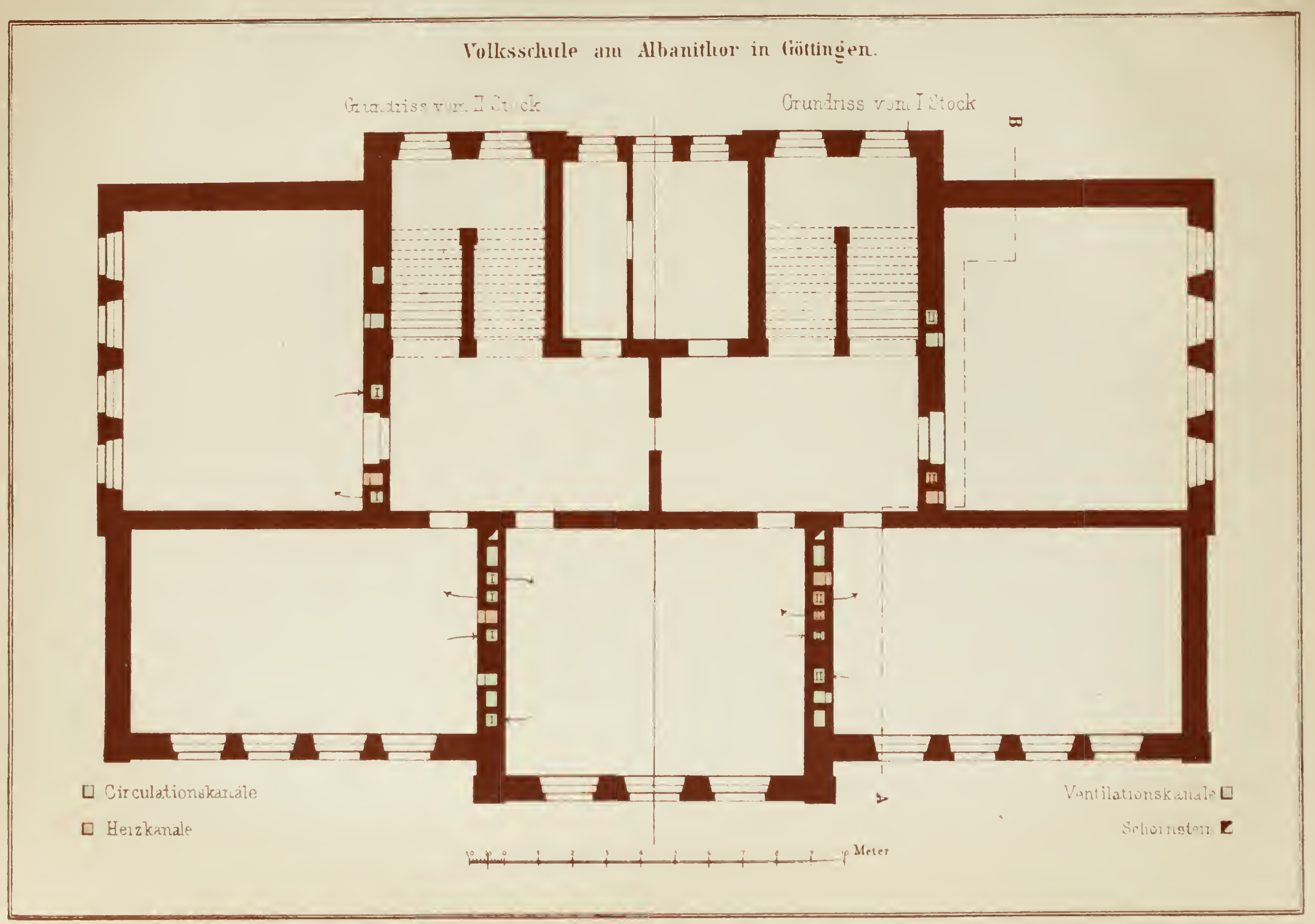

Schnitt E F.
W
W
C
Fig. 2.
E
E
B
F
G
H
I
A
D
D
Z
Z
H
Z
Z
S
M
M
Fig. 1.
Schnitt A B.
E
F
D

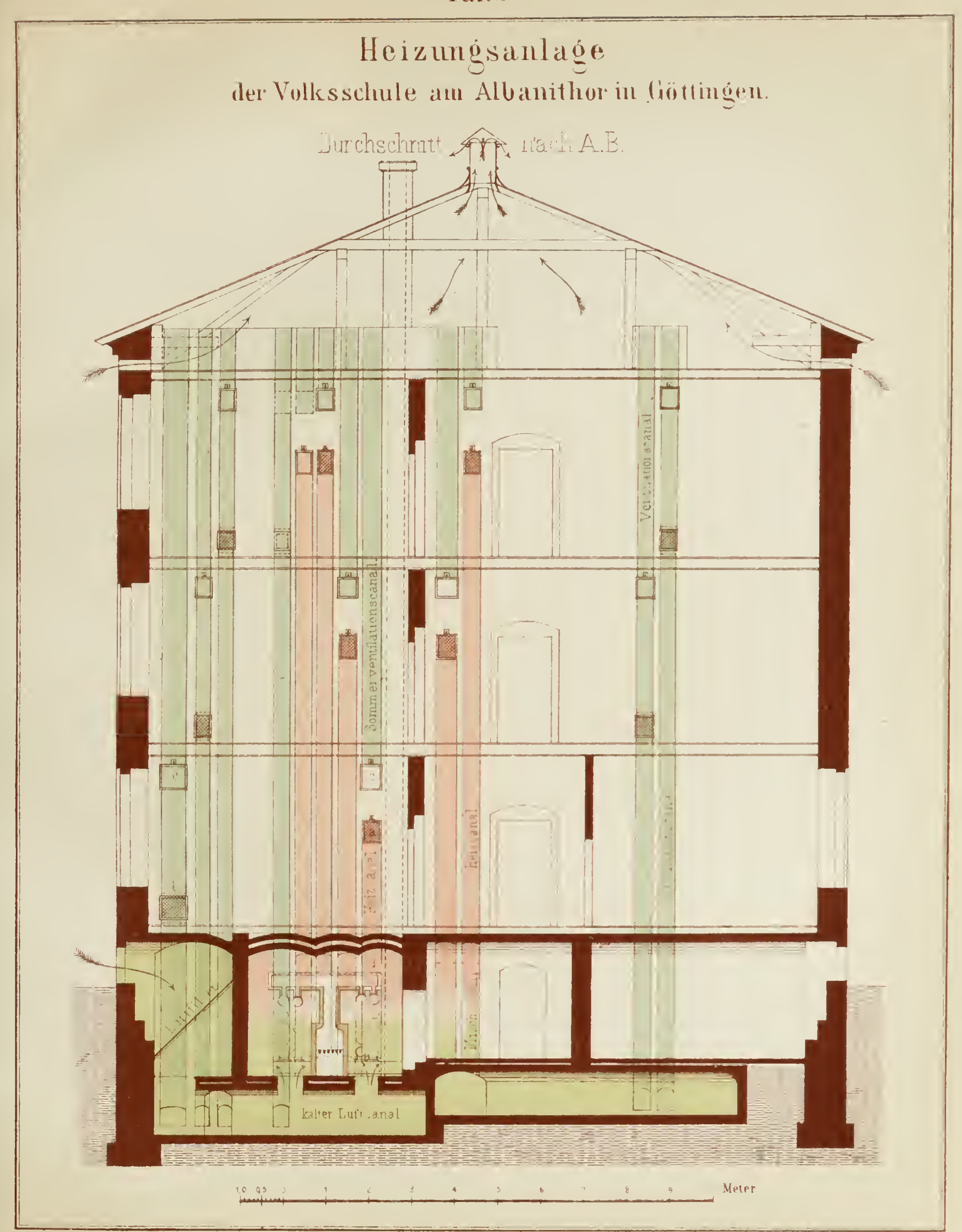


M. Gebhardt's Verlag, Leipzig



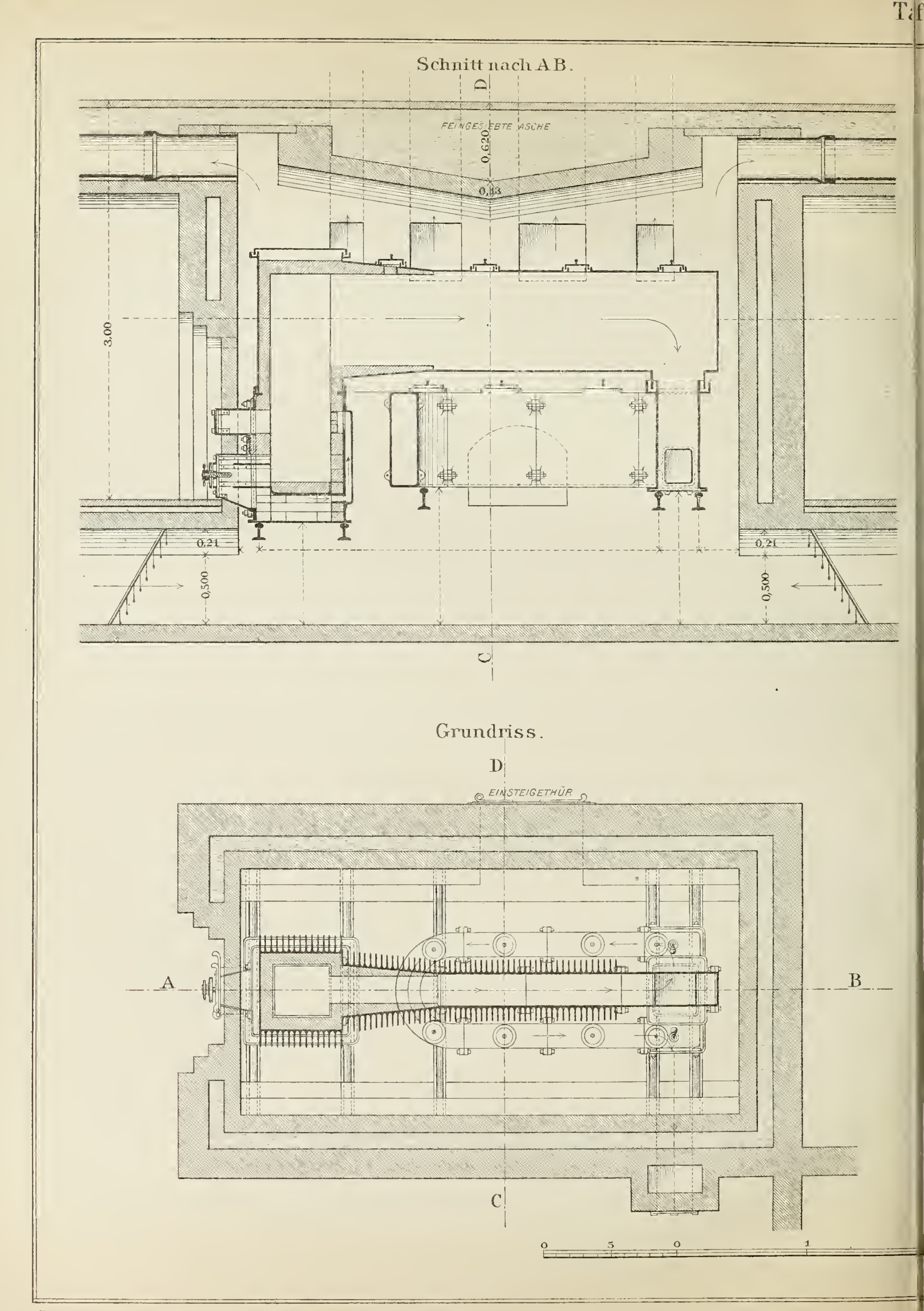
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

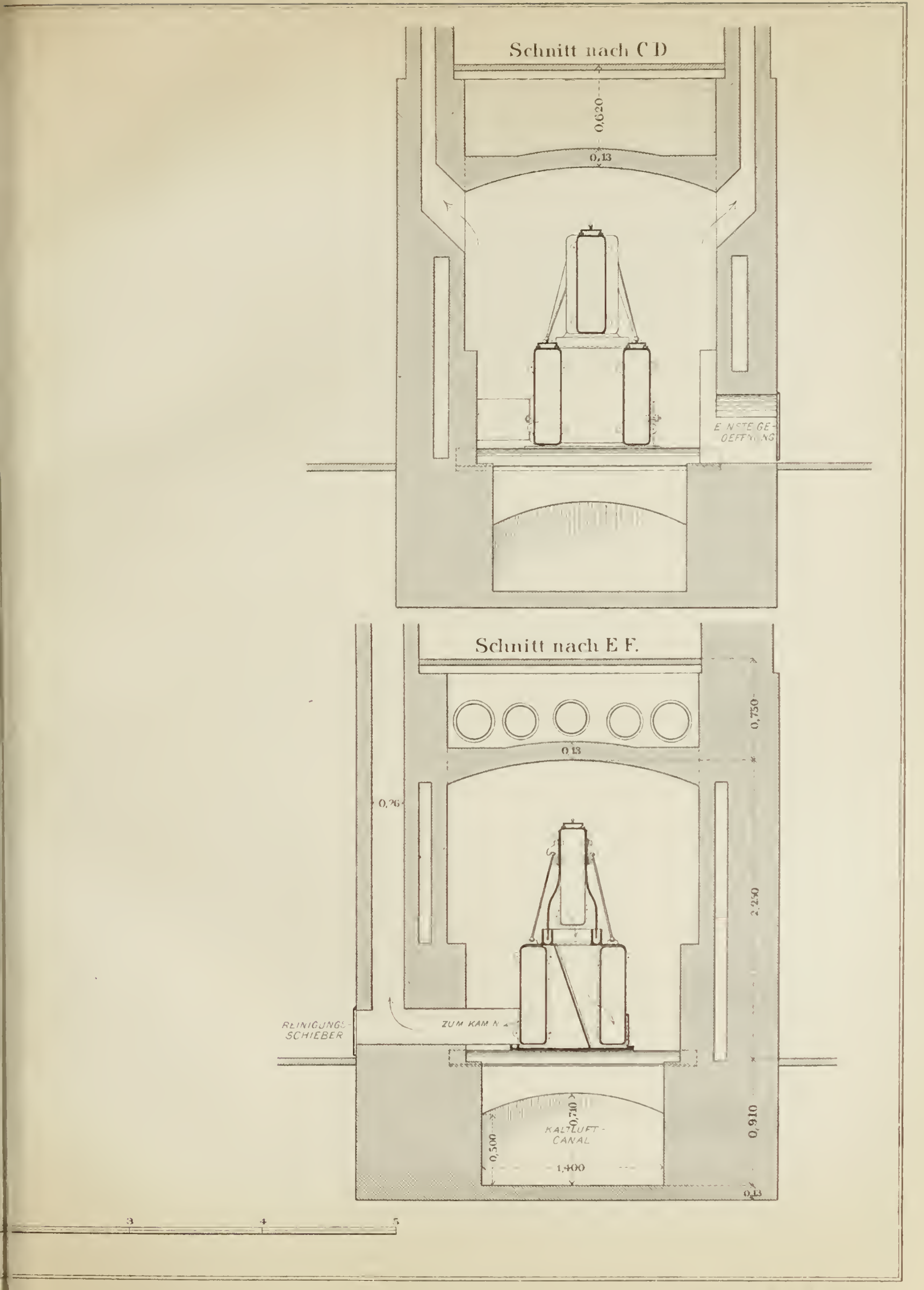

Volksschule am Albanithor in Göttingen.
Grundriss vom II Stock
Grundriss vom I Stock
B
A
Circulationskanale
Heizkanale
Ventilationskanale
Schornstein
Meter



Breymann IV Versch. Konstr 3. Aufl

J. M. Gebhardt's Verlag Leipzig

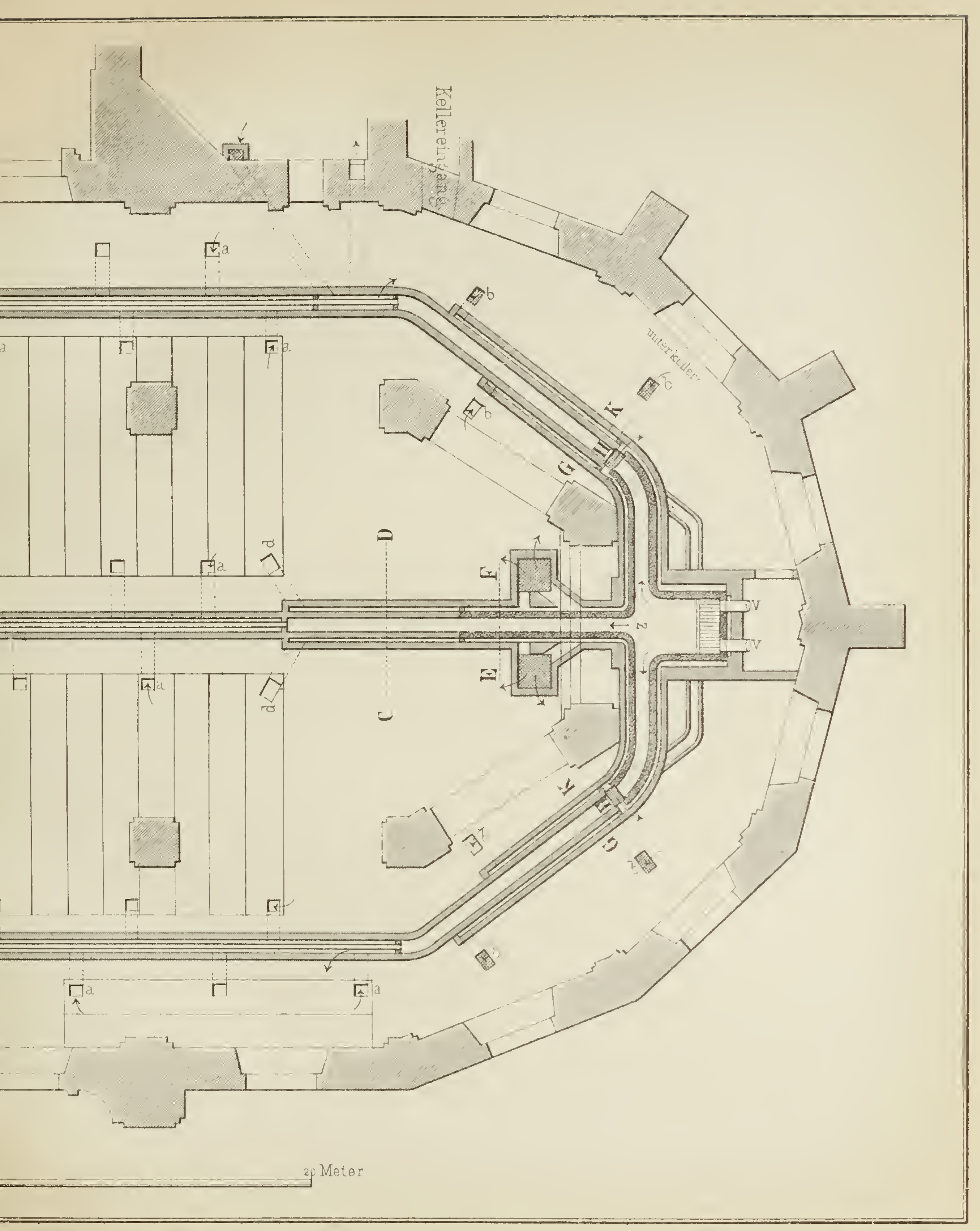

Schnitt nach AB.
D
FEINGESIEBTE ASCHE
0,620
0,13
3,00
0,21
0,21
0,500
0,500
C
Grundriss.
D
EINSTEIGETHÜR
A
B
C
0
5
0
1



J M Gebhardt's Verlag Leipzig

Heizanlage
der Maria-Magdalena-Kirche zu Templin.

Grundriss.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Heizanlage der Maria Magdalen

Fig.1. L

AB

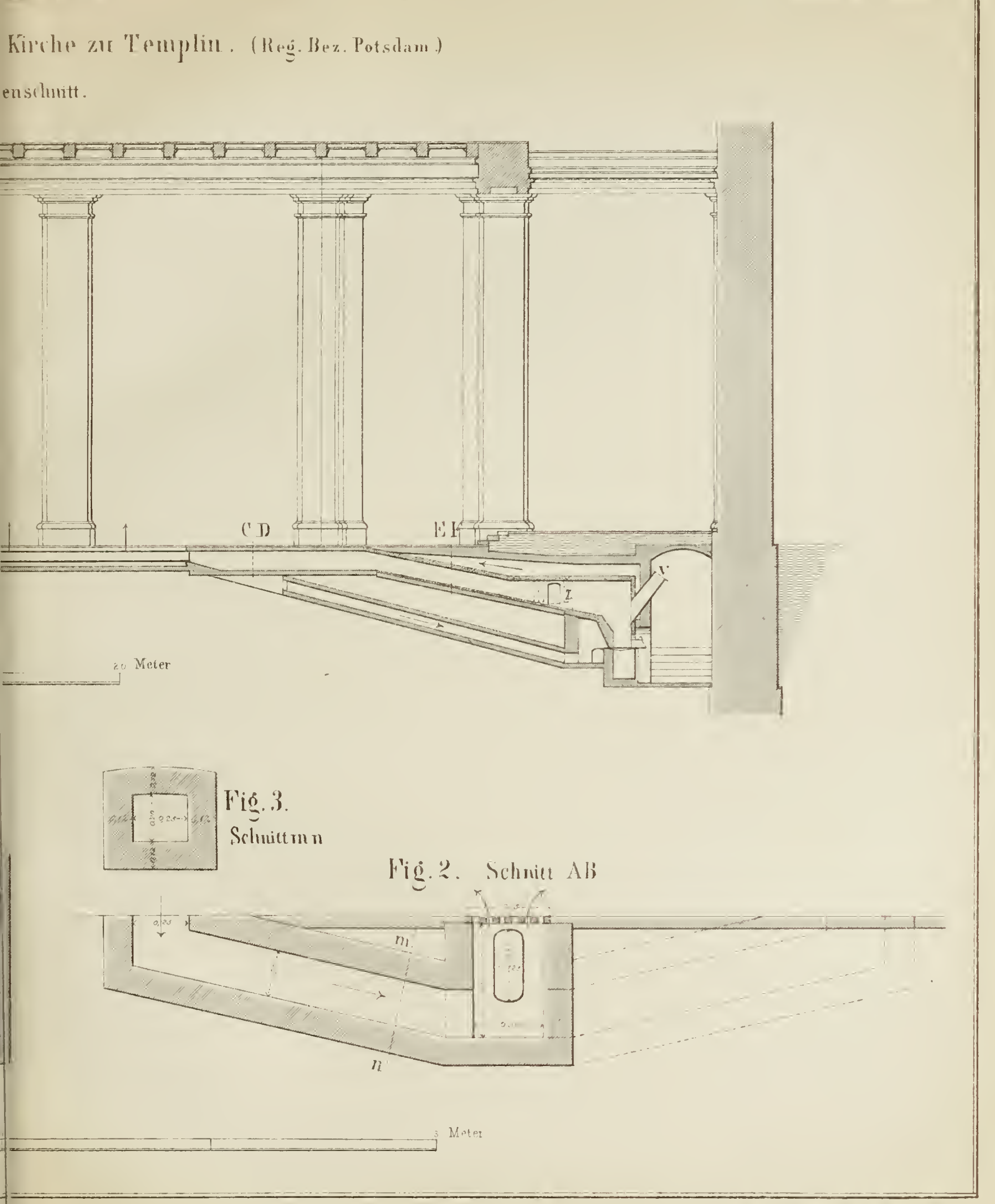
Fig.5.
Schnitt EF

Fig.6.
Schnitt GHK

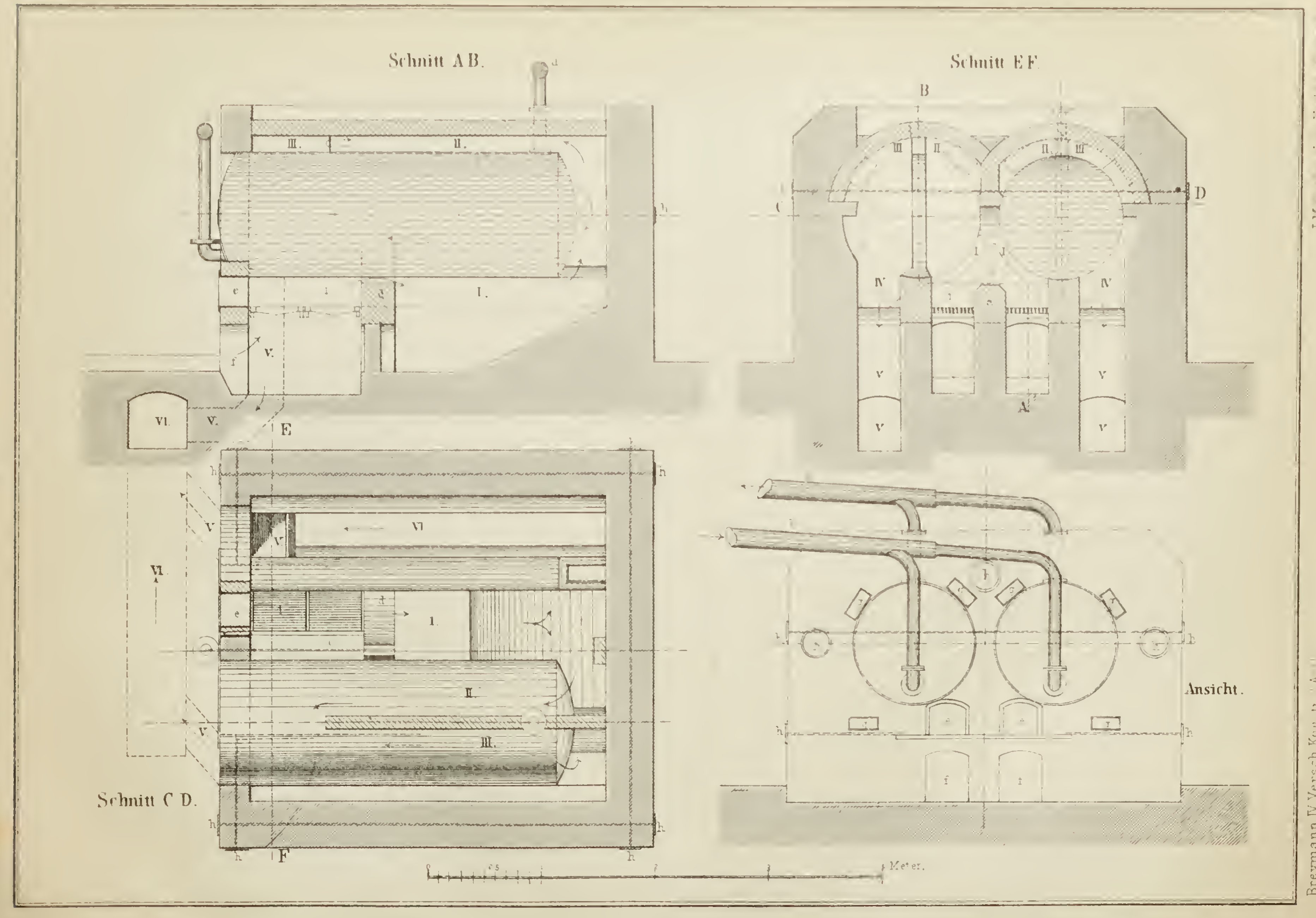
Fig.4.
Schnitt CD

Kirche zu Templin. (Reg. Bez. Potsdam.)

ensclmitt.



J M Gebhardt's Verlag, Leipzig


Schnitt A B.
Schnitt E F.
Schnitt C D.
Ansicht.
Meter.

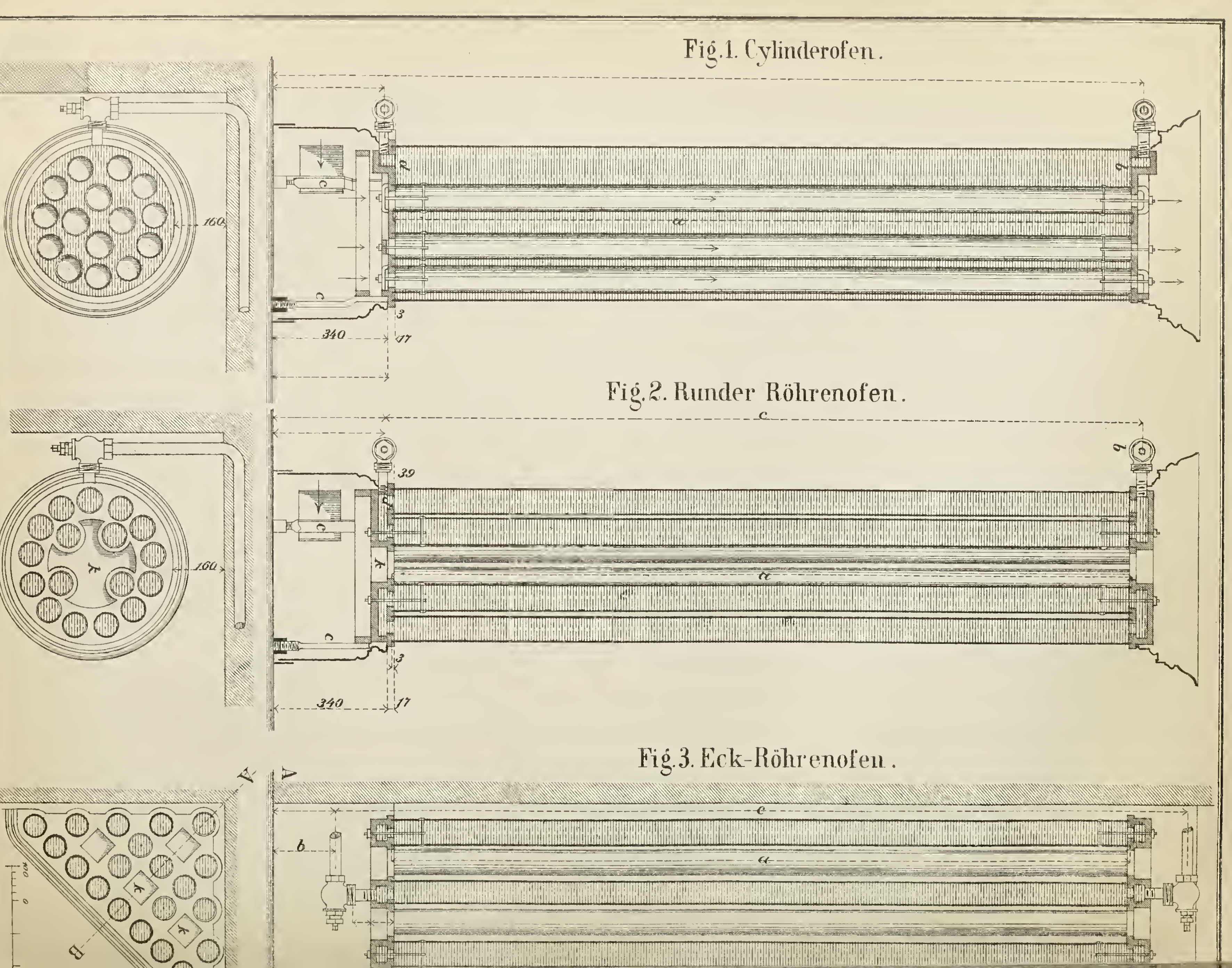
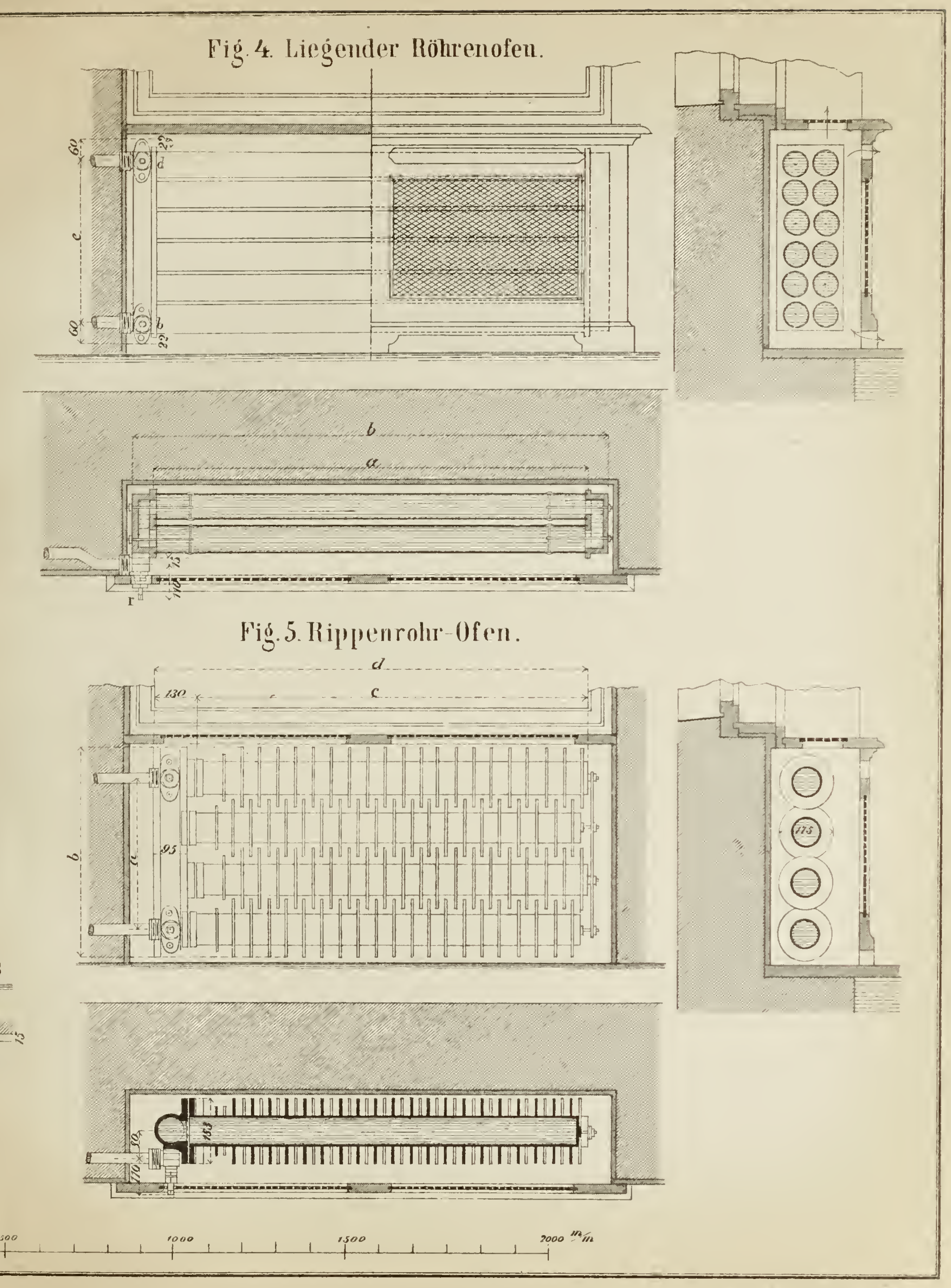
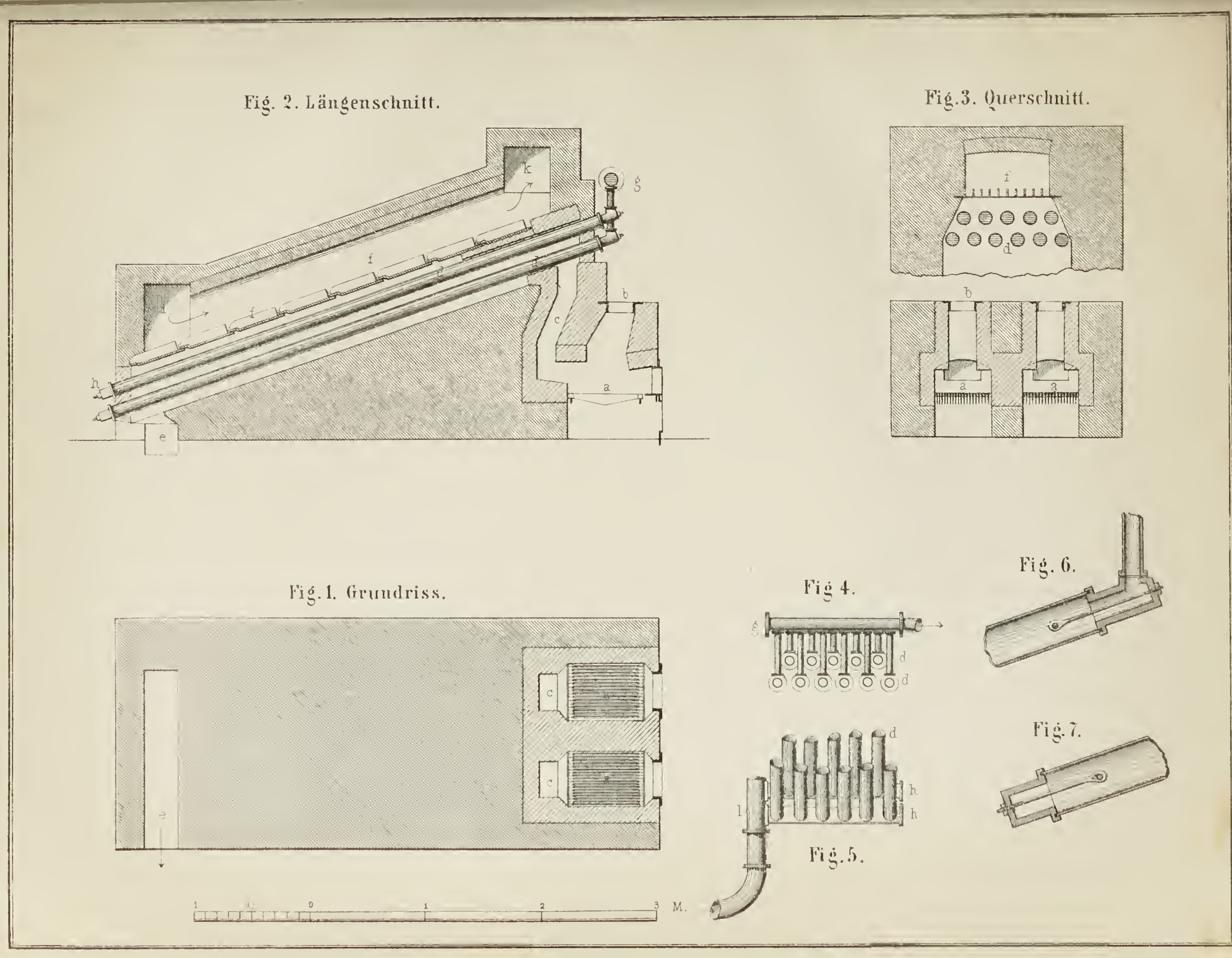


Fig.1. Cylinderofen.
Fig.2. Runder Röhrenofen.
Fig.3. Eck-Röhrenofen.
340
340
160
160
39
17
17
3
3
100
0
A
A
B

3.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

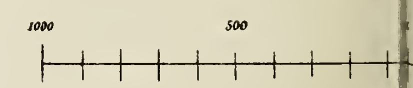

Fig. 2. Längenschnitt.
Fig.3. Querschnitt.
Fig.1. Grundriss.
Fig 4.
Fig.5.
Fig. 6.
Fig.7.
1 0 1 2 3 M.

H.Heine's Patent Was

für Warmw

Fig.1. Schnitt nach A B.

Fig.2. Schnitt n C.D

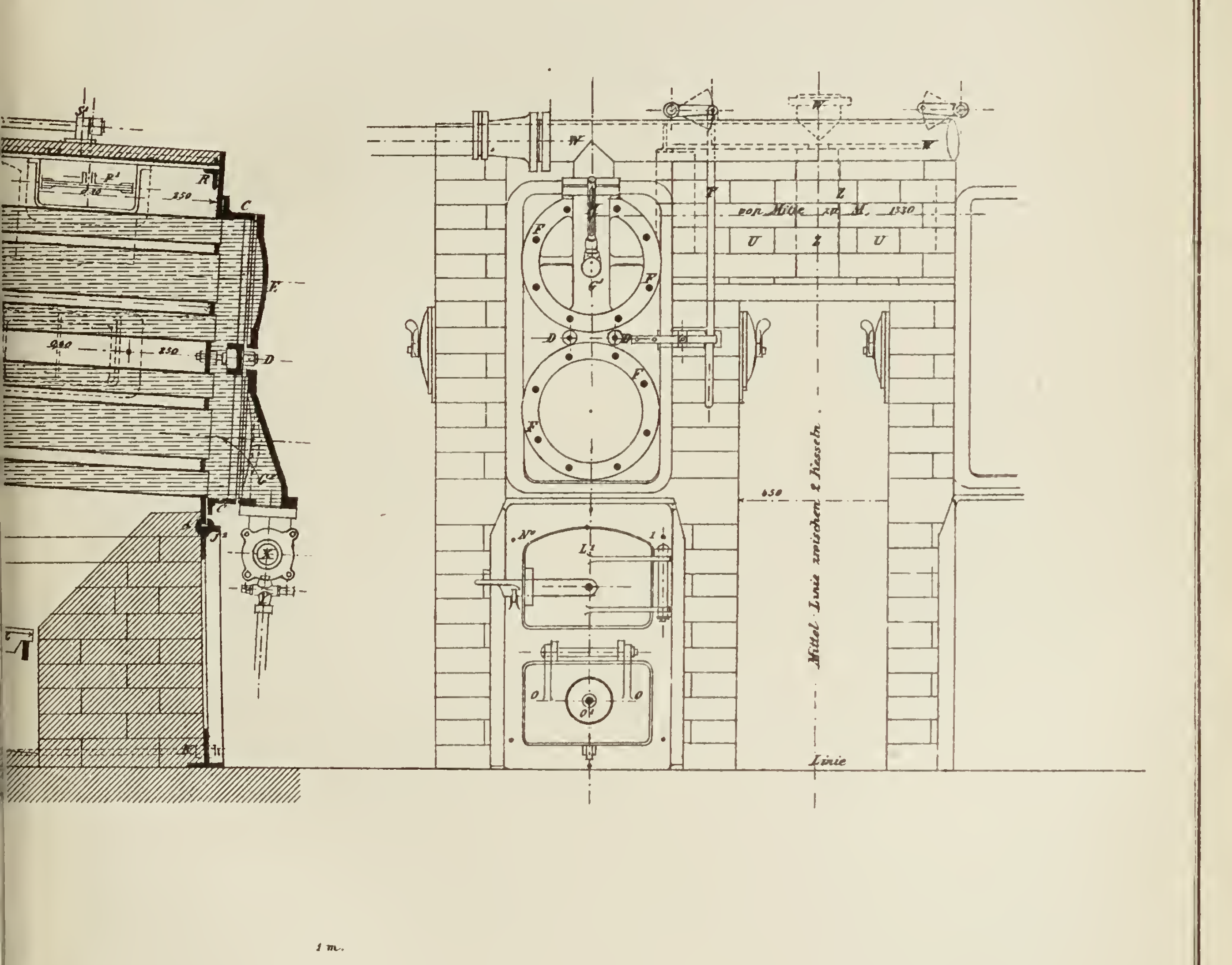


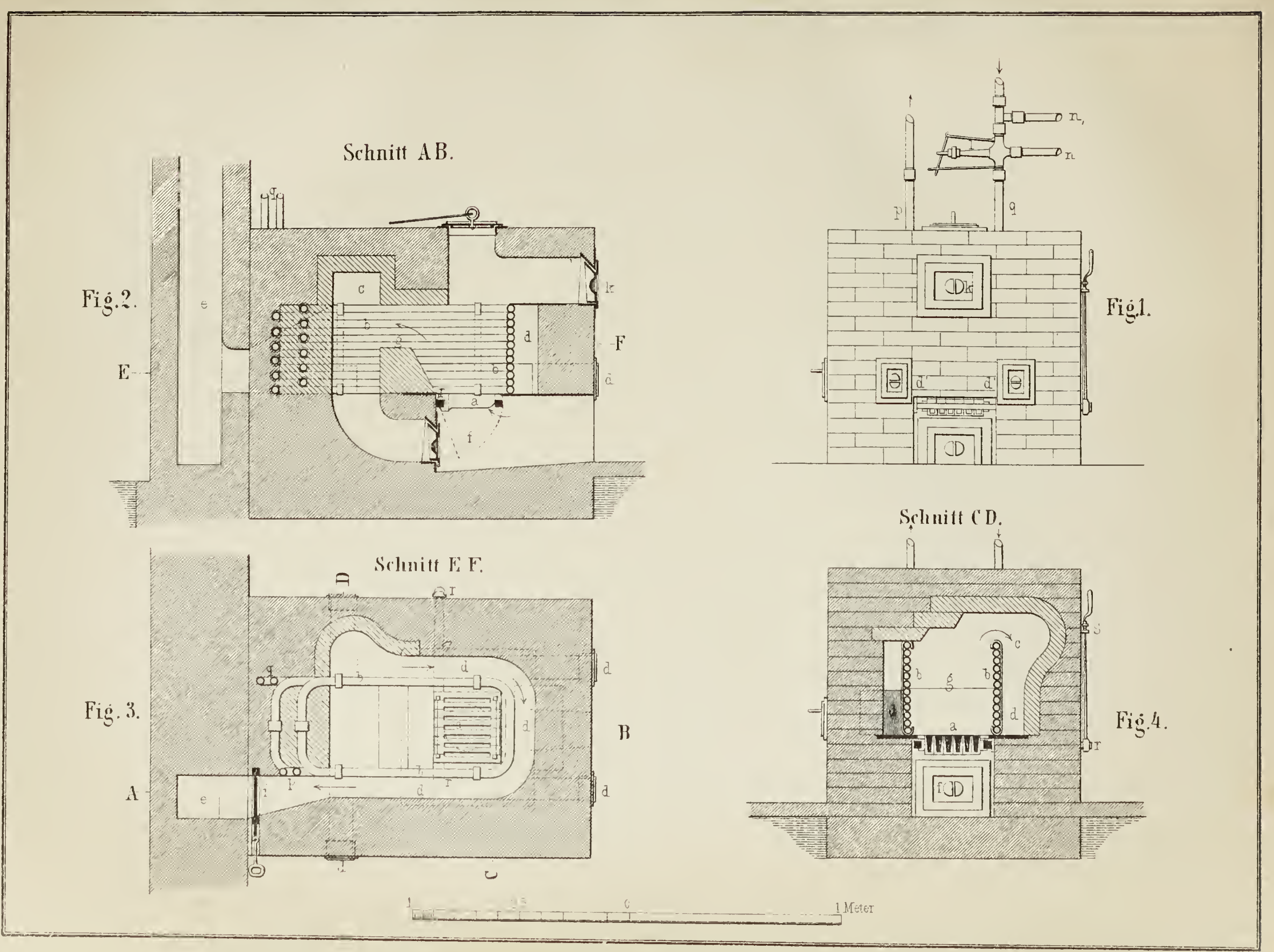
Vasserrohr Kessel

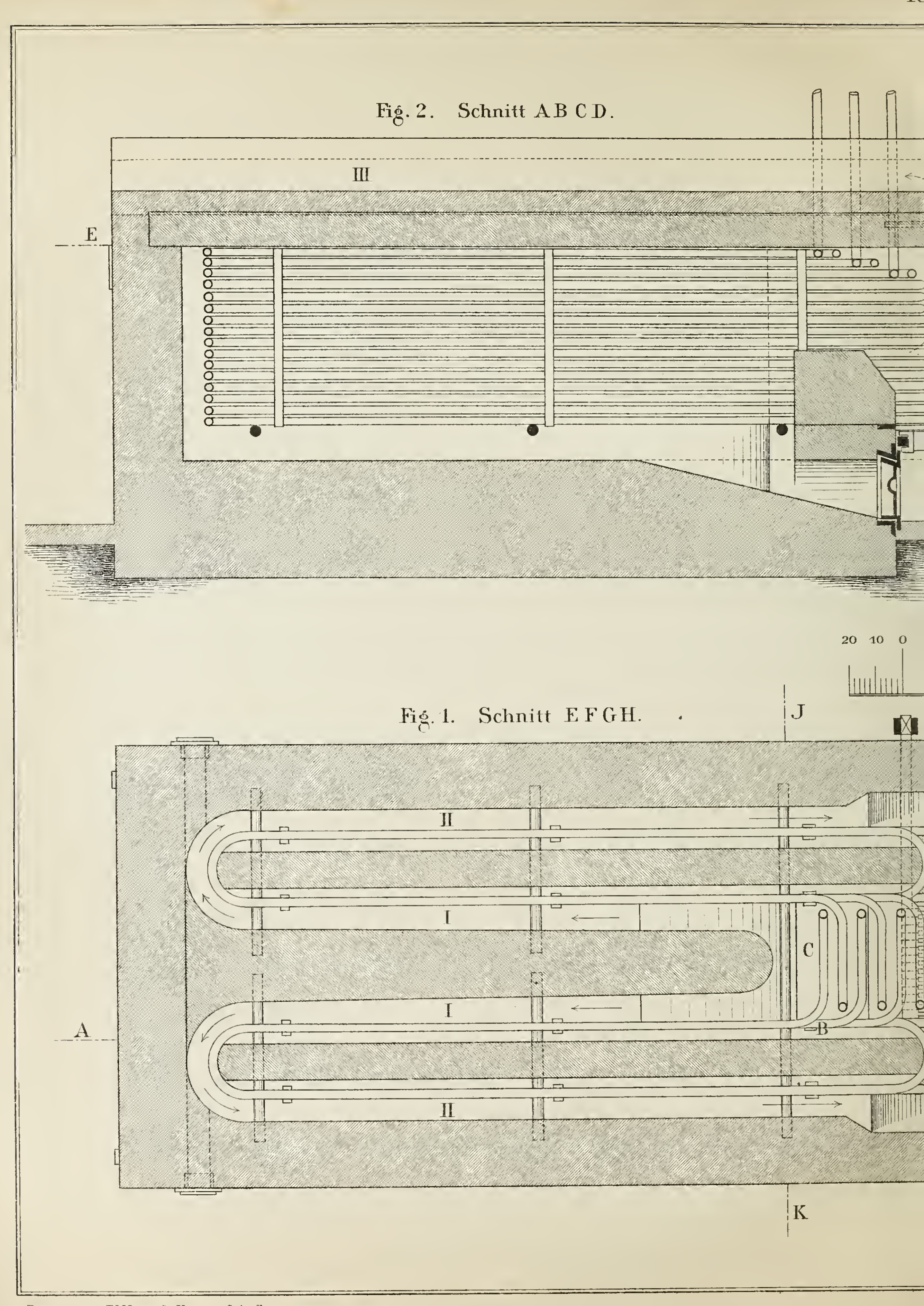
er Heizungen.

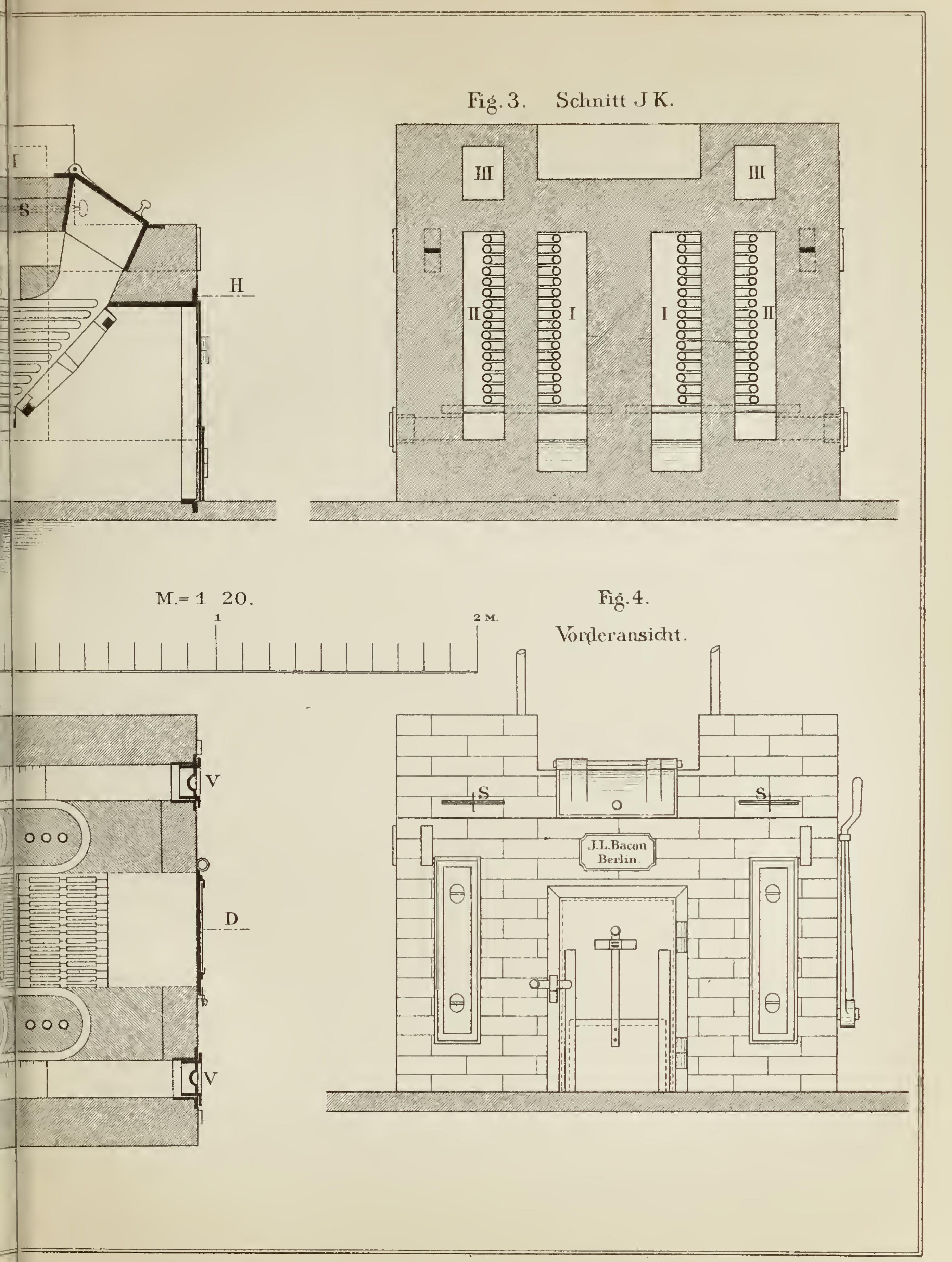
C.D.

Fig. 3. Aeussere Ansicht.

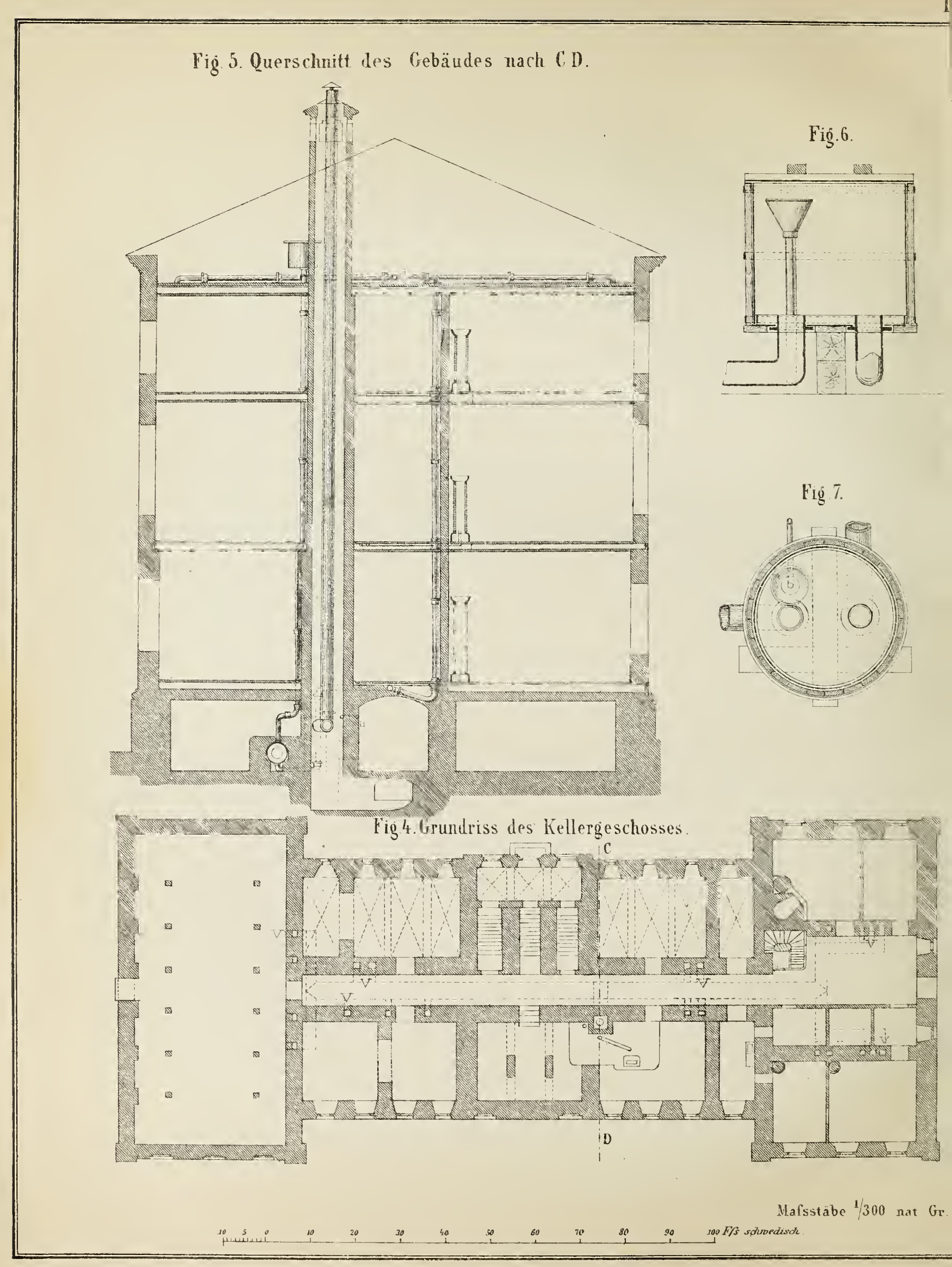


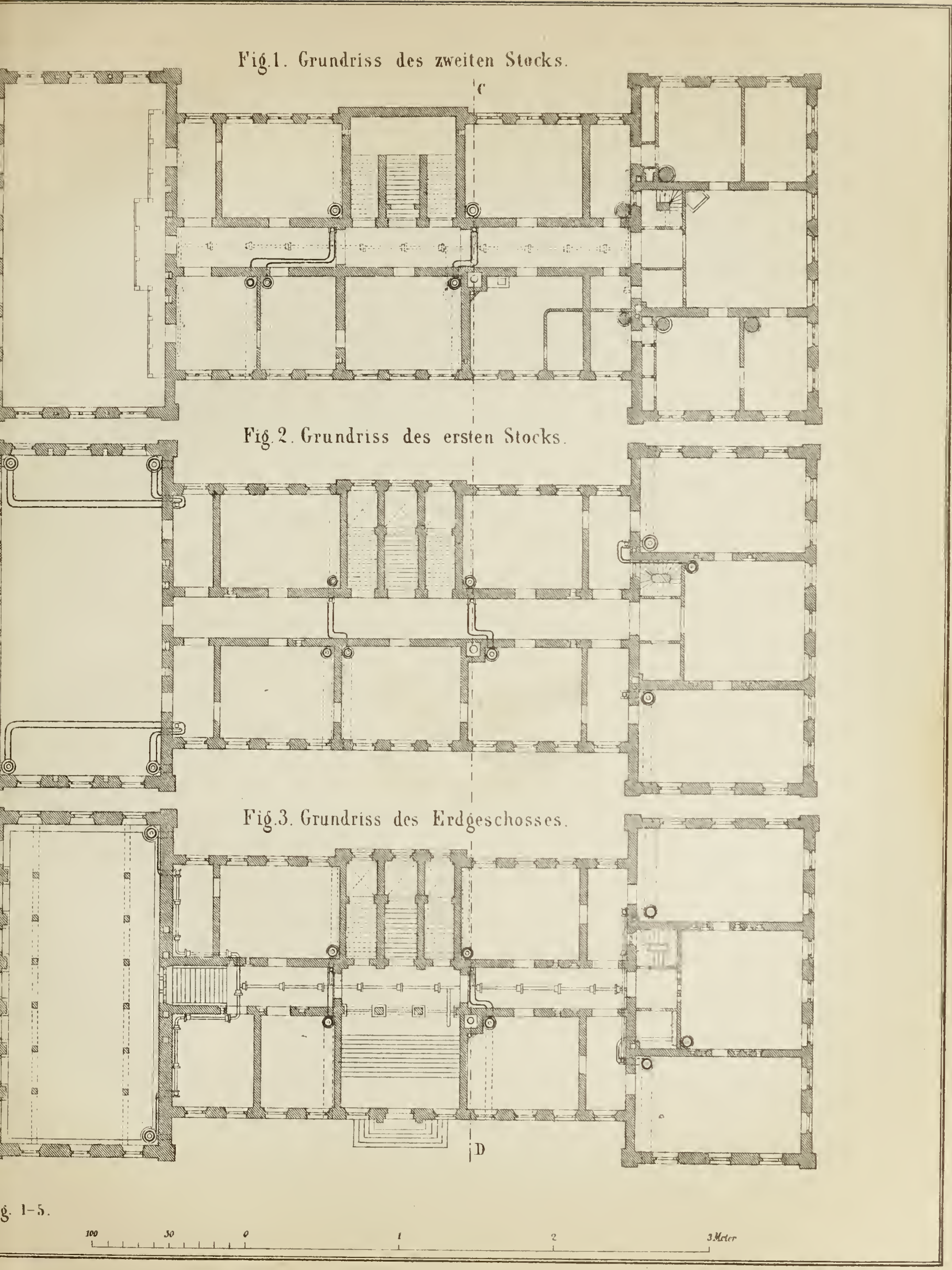

Schnitt AB.
Fig. 2.
Fig. 1.
Schnitt EF.
Fig. 3.
Schnitt CD.
Fig. 4.
1 Meter


Fig. 2. Schnitt A B C D.
III
E
20 10 0
Fig. 1. Schnitt E F G H.
J
II
I
C
I
A
B
II
K



J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 5. Querschnitt des Gebäudes nach C D.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 4. Grundriss des Kellergeschosses.
C
D
V
Mafsstäbe 1/300 nat Gr.
10 5 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Fſs schwedisch



J.M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

Neue Realschule in Darmstadt.

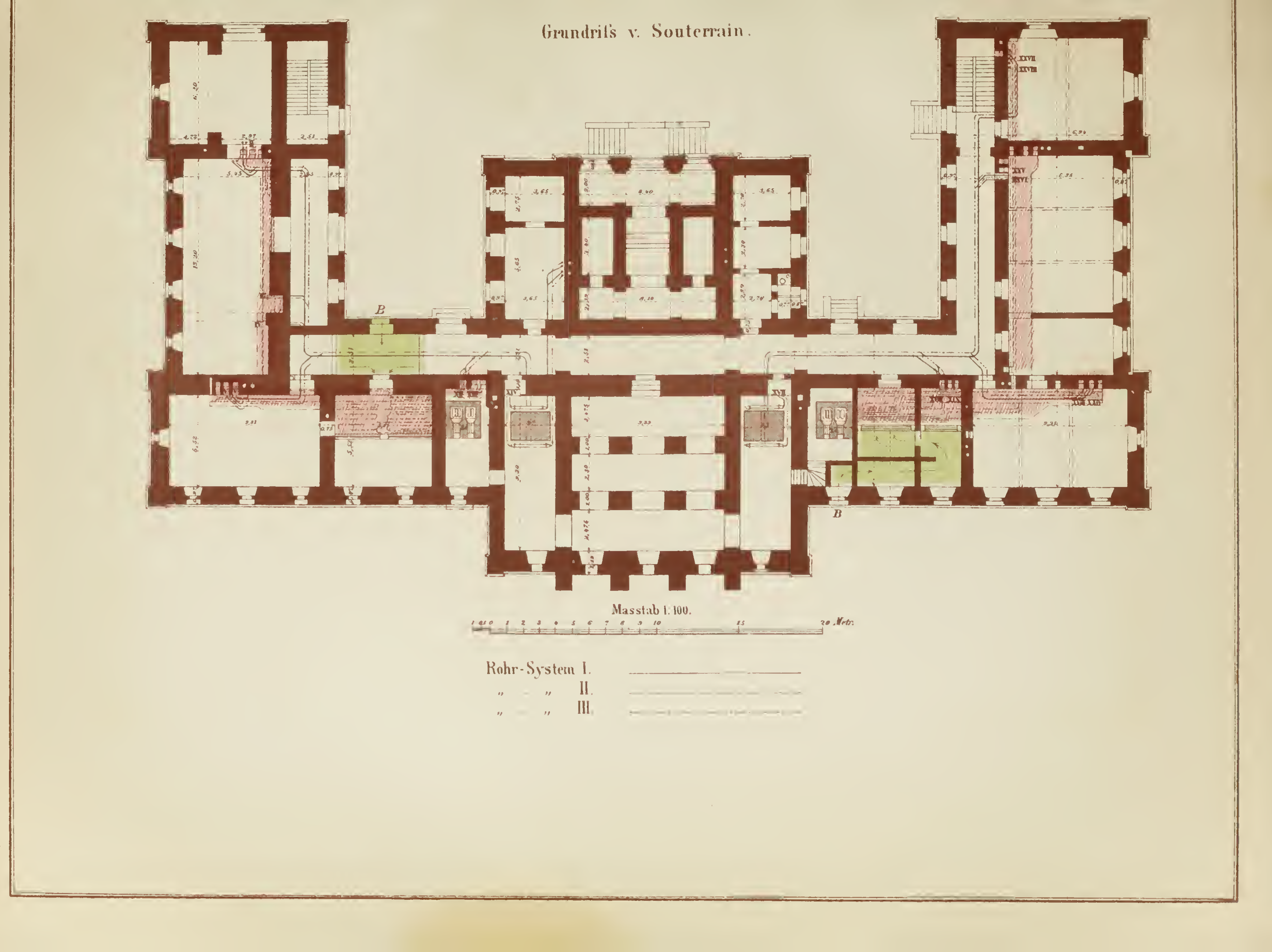
Grundriſs d. I. Etage.

Grundriſs d. II. Etage.

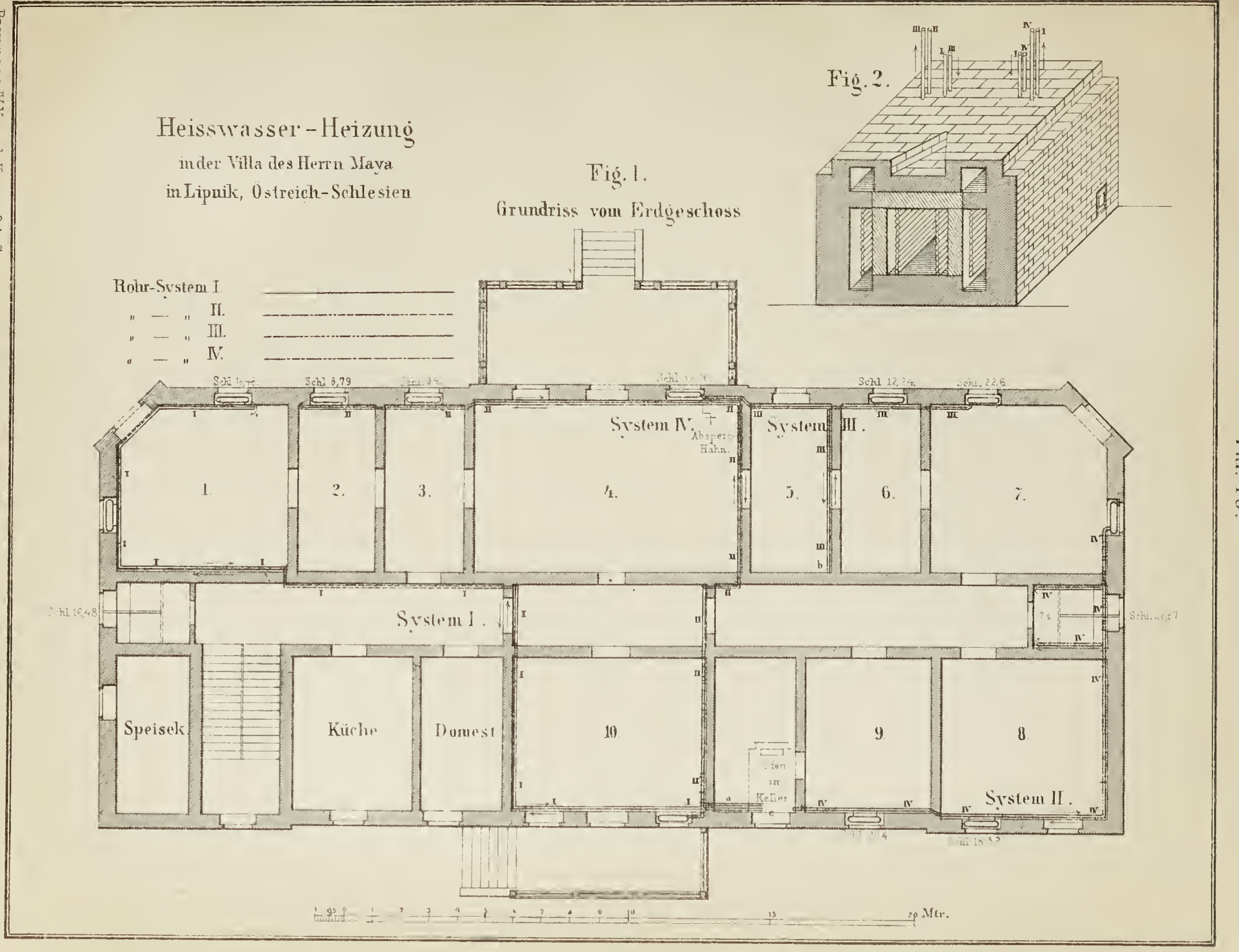
23 24 25 26 27 32 33

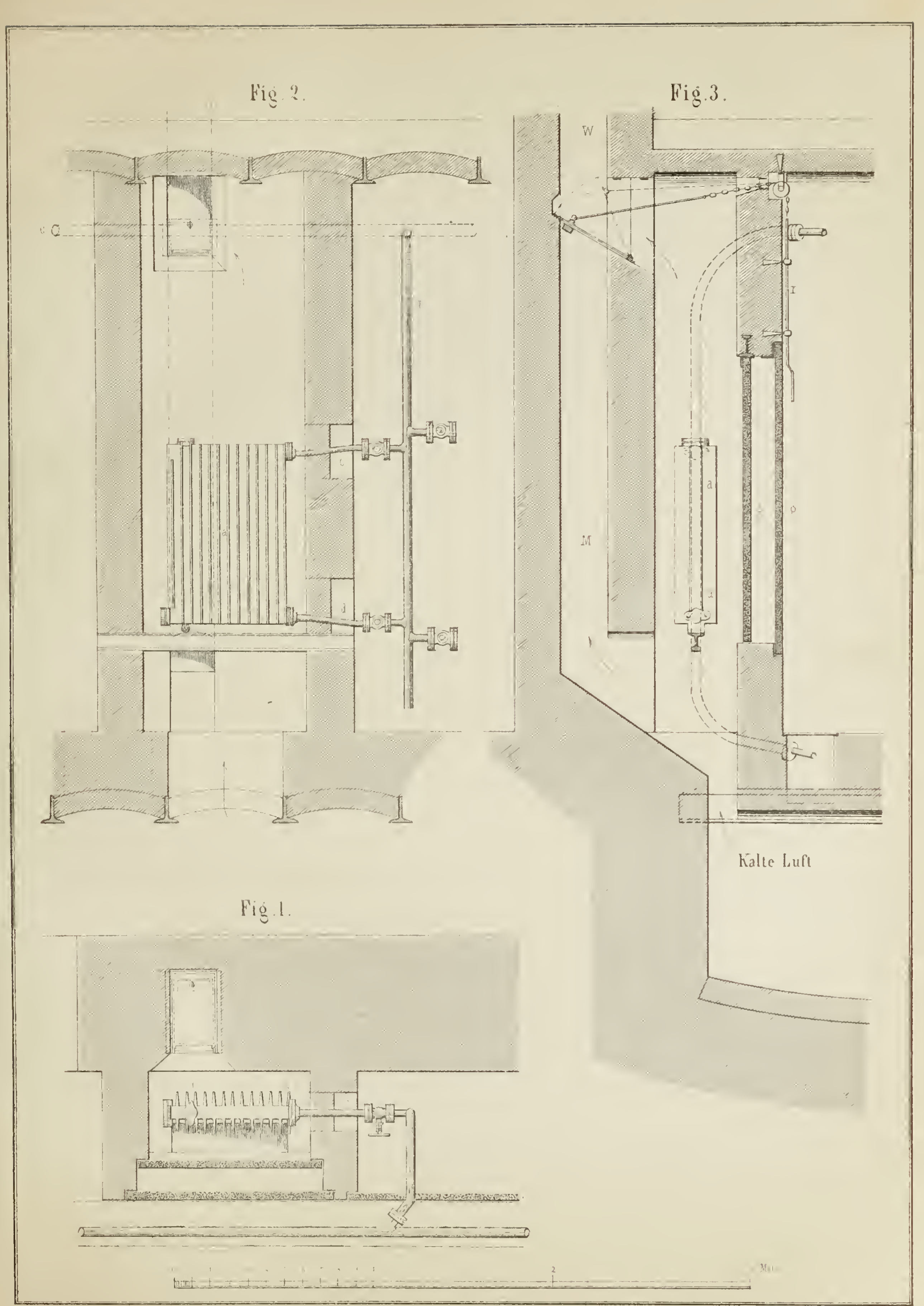
Durchschnitt.

Breymann IV Versch-Konstr. 3. Aufl.



J M Gebhardt's Verlag Leipzig

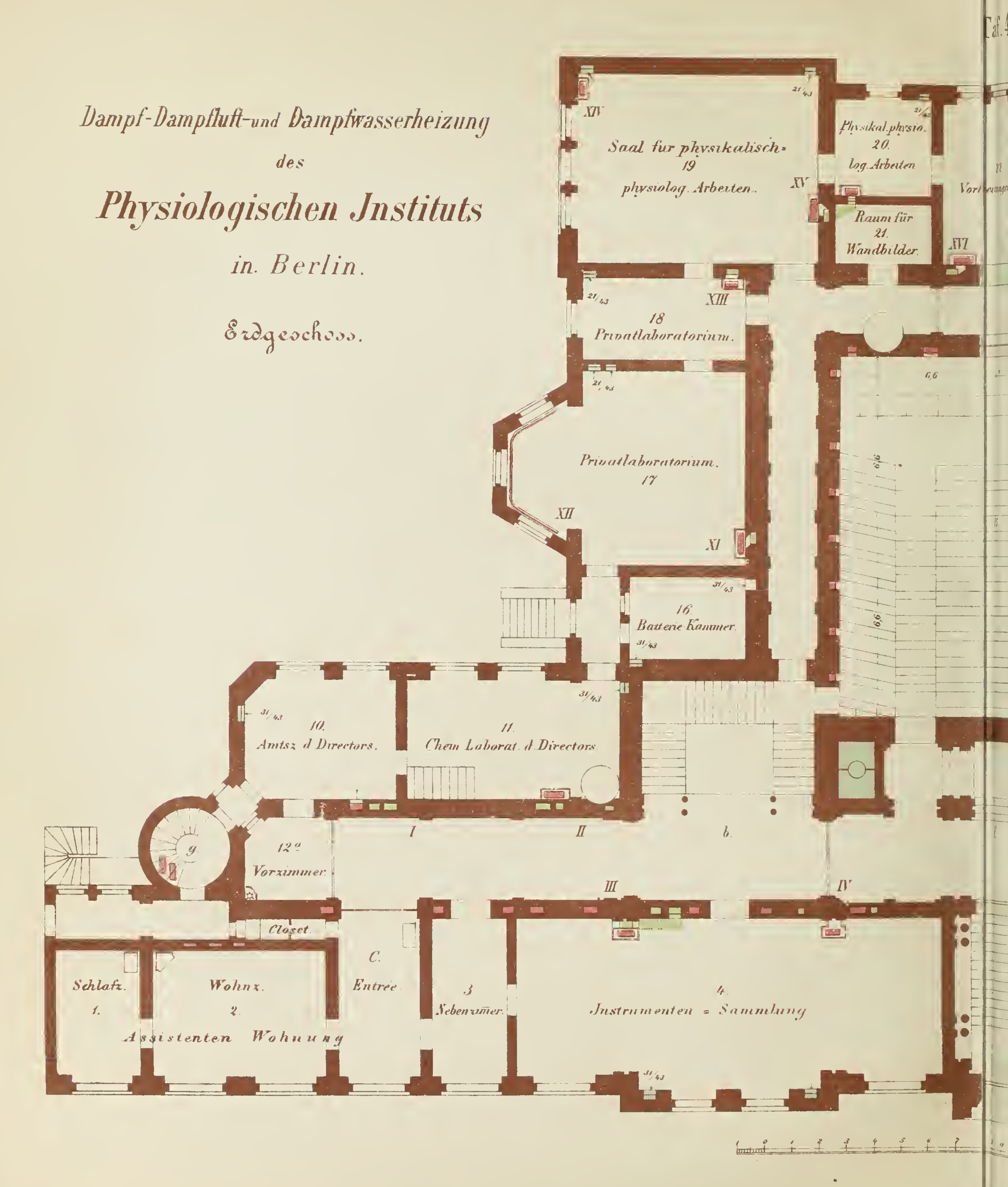

Heisswasser-Heizung
in der Villa des Herrn Maya
in Lipnik, Östreich-Schlesien
Fig. 1.
Grundriss vom Erdgeschoss
Fig. 2.
Rohr-System I.
" — " II.
" — " III.
" — " IV.
Schl 8,79
Schl 12,24
Schl 22,6
Schl 16,48
System IV.
Absperr-Hahn.
System III.
System I.
System II.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
Speisek
Küche
Domest
Keller
20 Mtr.


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 1.
W
M
Kalte Luft


Dampf-Dampfluft- und Dampfwasserheizung
des
Physiologischen Instituts
in Berlin
Kellergeschoss.
Jsolir Pfeiler
Jsolir Pfeiler
Brenn Material
Brenn-Material
Brenn-Material
Eiskel
Privat-Keller
1Rà4 cm
Hundestall und Ranarium
I
II
1Rà17R
b
3Rà17R
Kessel
2Rà13R
2Rà11R
1Rà13R
1Rà13R
2Rà17R
1 " à 15 "
1Rà11R
1 " à 13 "
2Rà11R
1Rà15R.
1 " à 13 "
III^b
III^a
III
IV
Brennmaterial.
Chemische Arbeiten.
Chemische
Arbeitsräume.
Hausdiener
A
B
1 ½ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

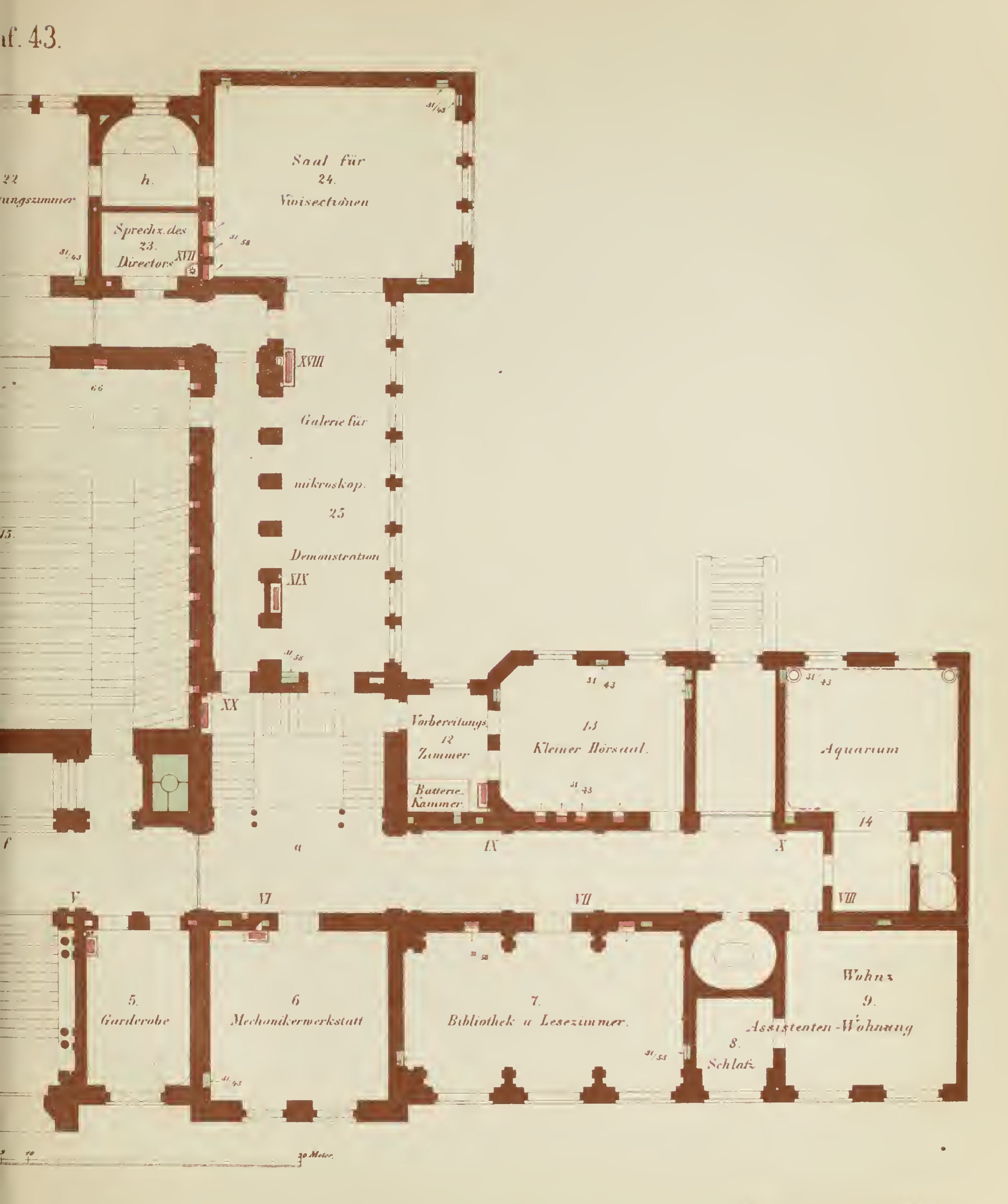


J M Gebhardt's Verlag Leipzig



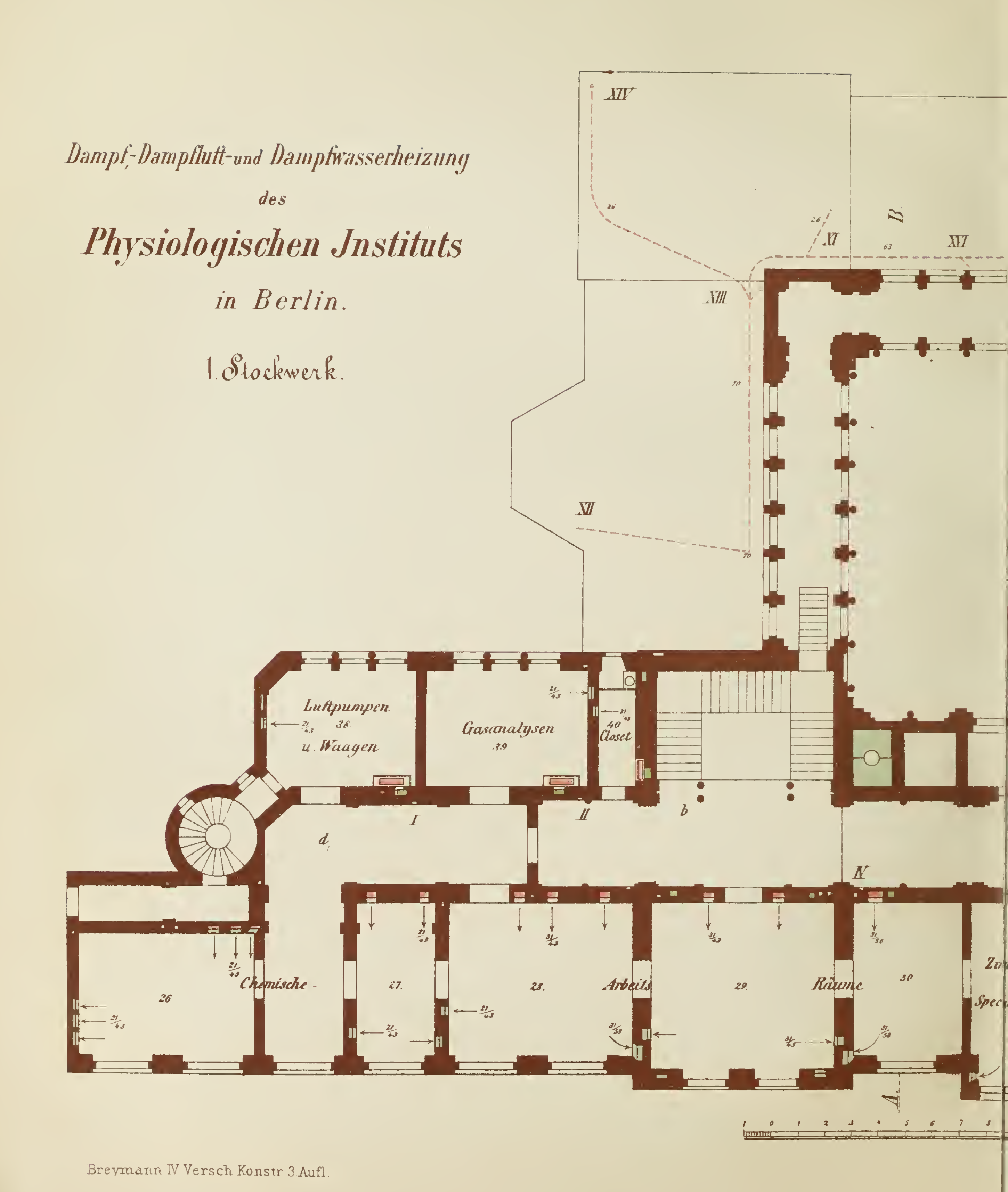
Breymann IV Versch Konstr 3.Aufl

af. 43.



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig

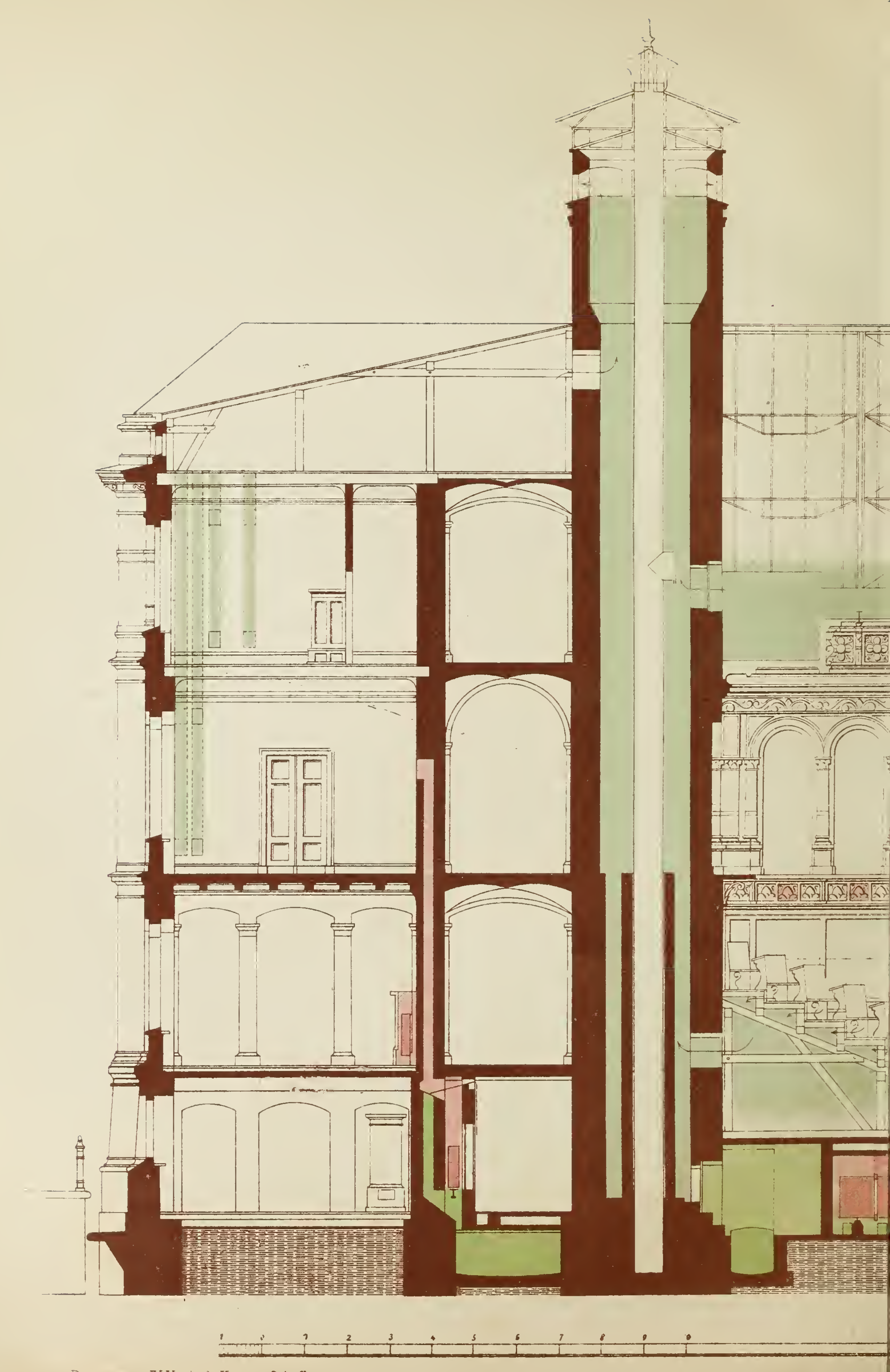
Ta



Breymann IV Versch Konstr 3 Aufl.



J. M. Gebhardt's Verlag Leipzig

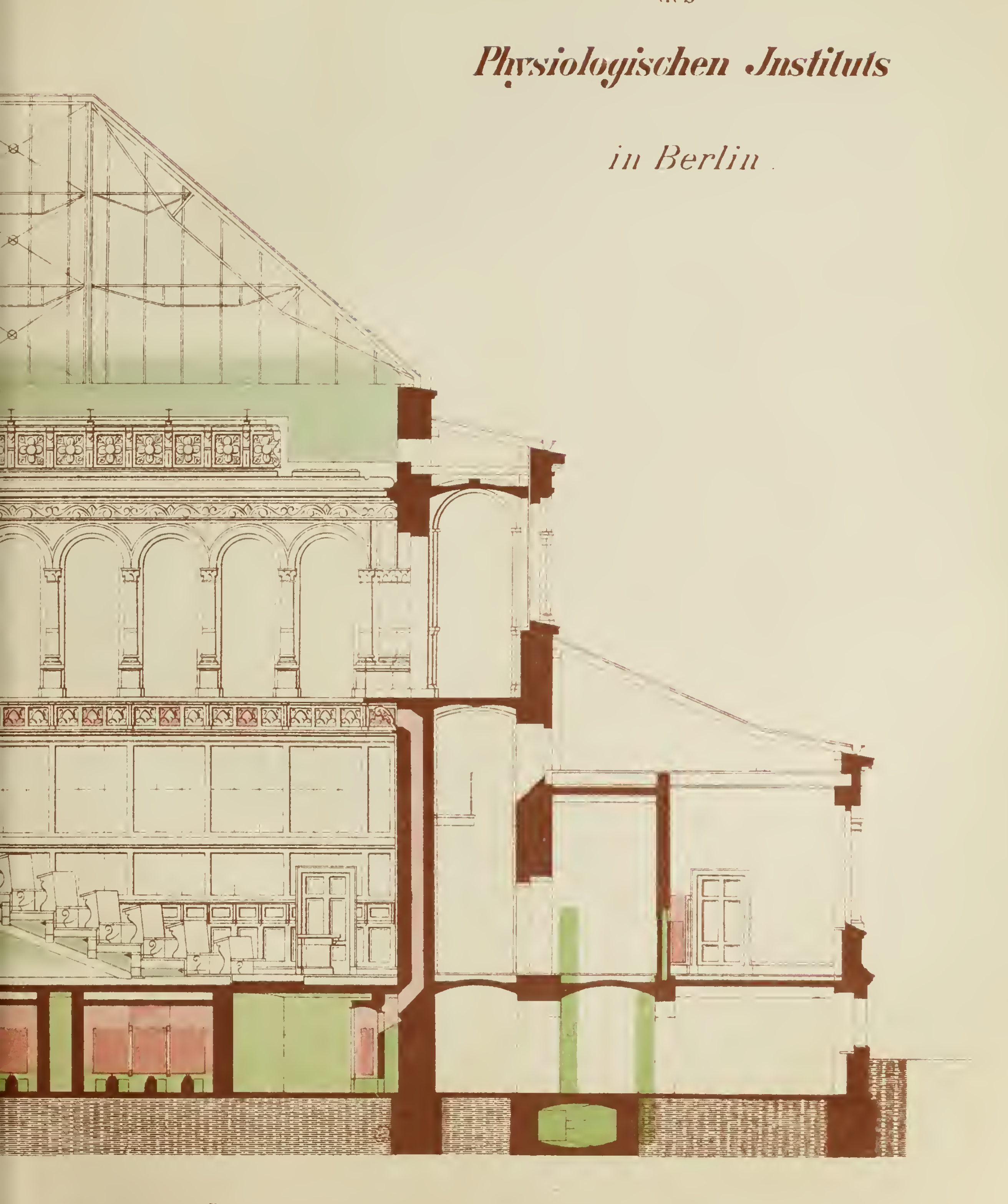

1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

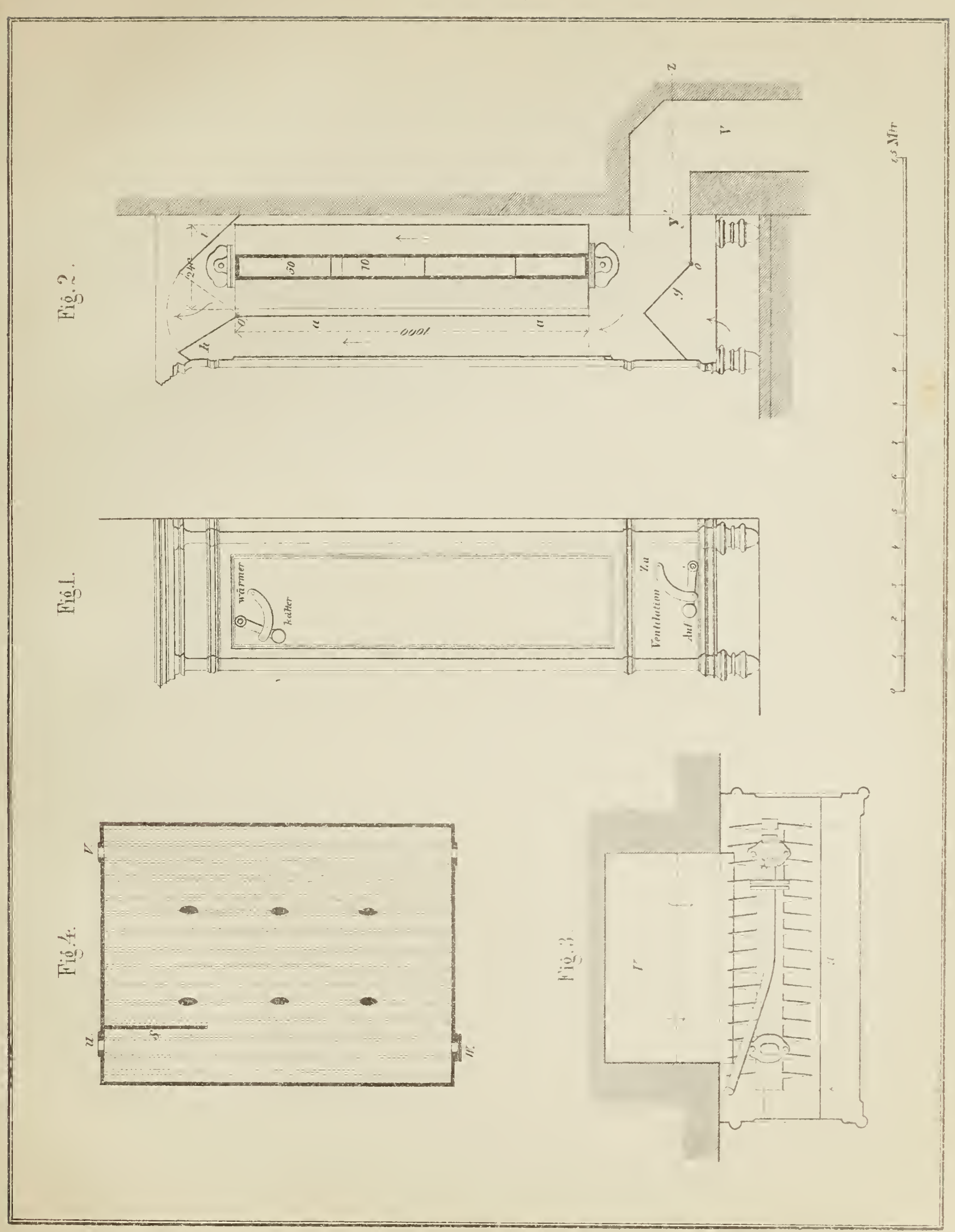
Heizungsanlage

des

Physiologischen Instituts

in Berlin.




Fig. 1.
wärmer
kälter
Ventilation
Zu
Auf
Fig. 2.
1000
Fig. 3.
Fig. 4.

Dampf-Niederdruck-Heizung

(System Körting.)

Anordnung der Kesselanlage.

Fig. 2.

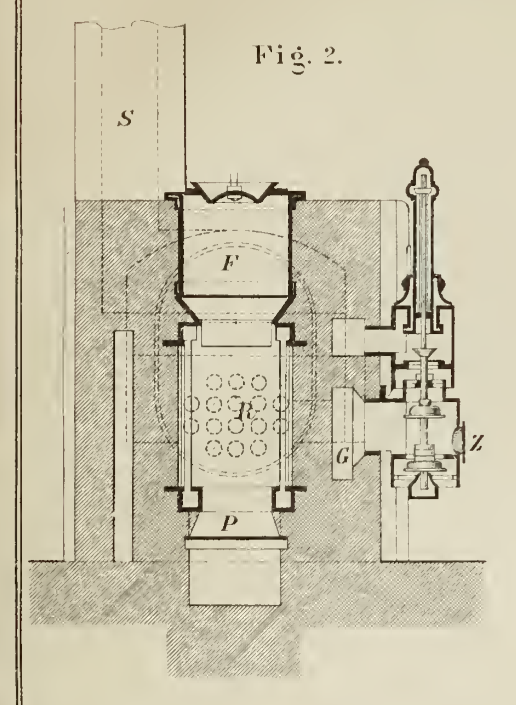


Fig. 3.

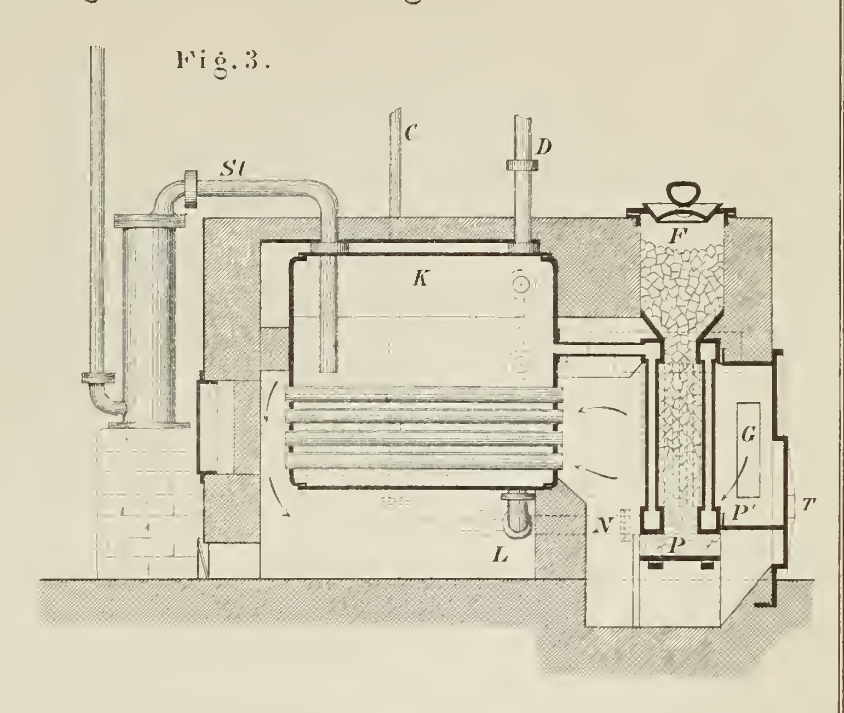


Fig. 1.

Ansicht von oben.

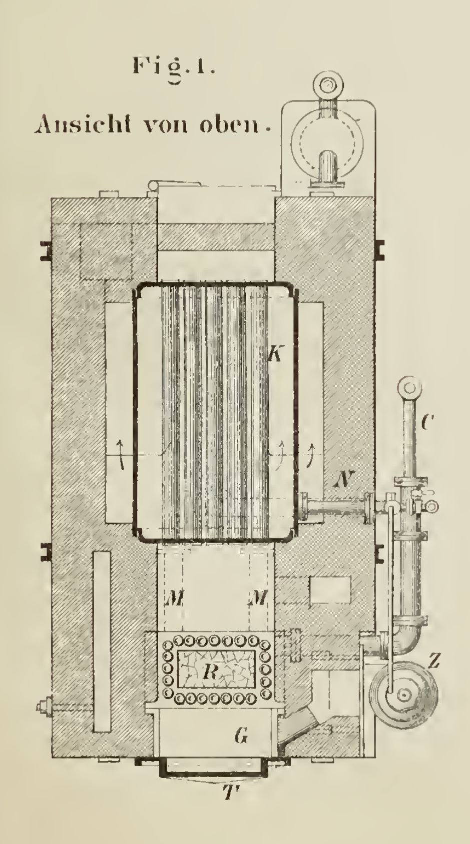
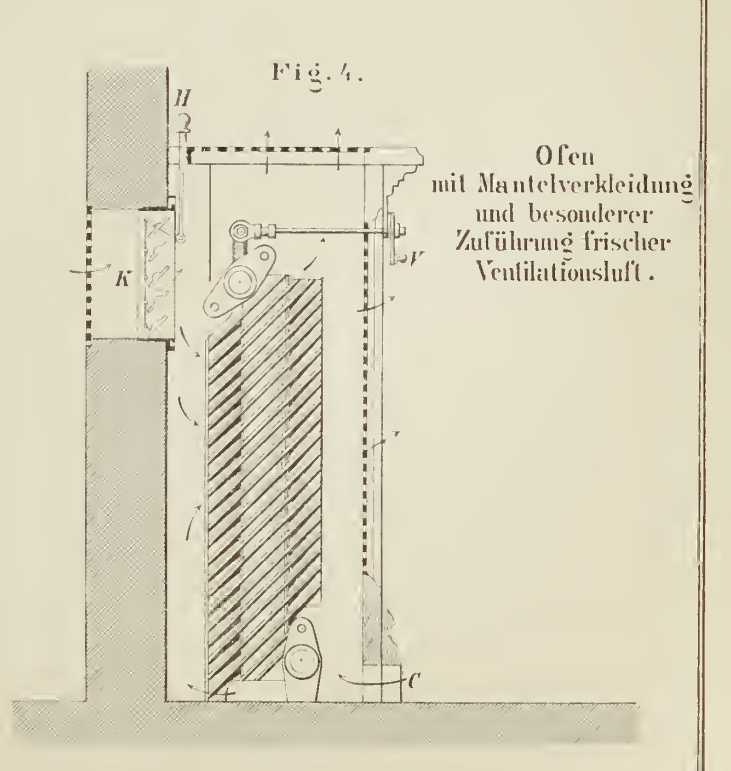
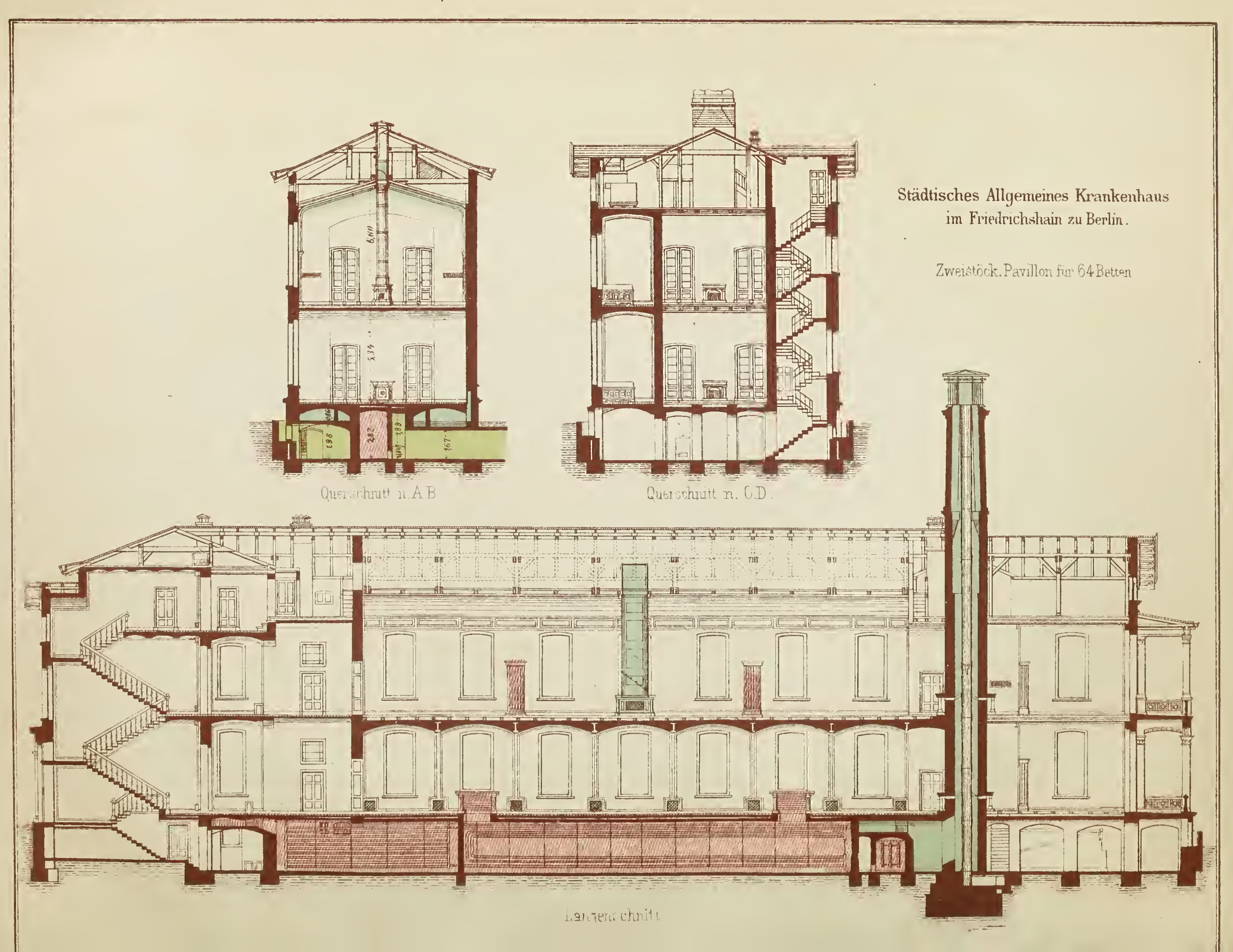


Fig. 4.

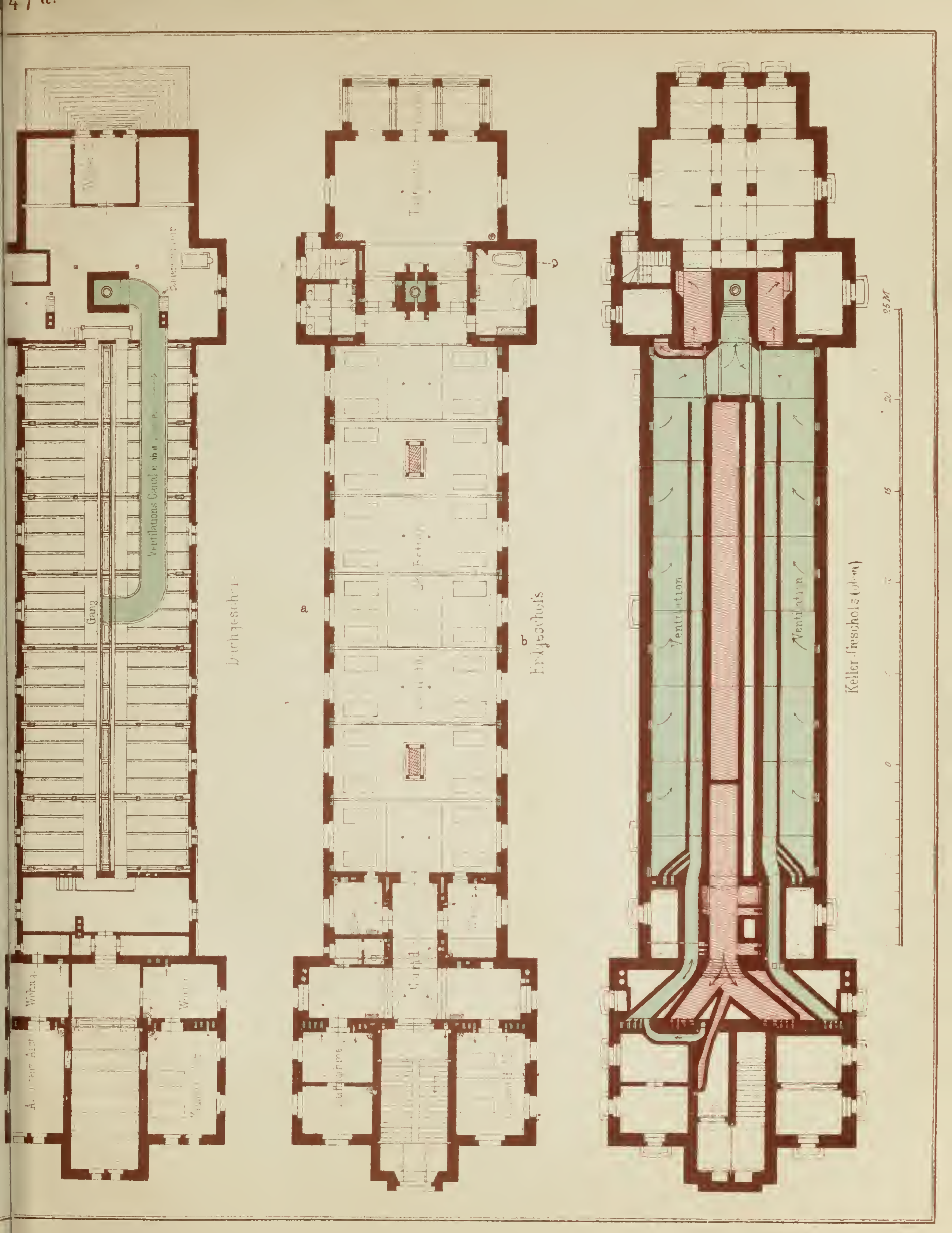


Ofen mit Mantelverkleidung und besonderer Zuführung frischer Ventilationsluft.

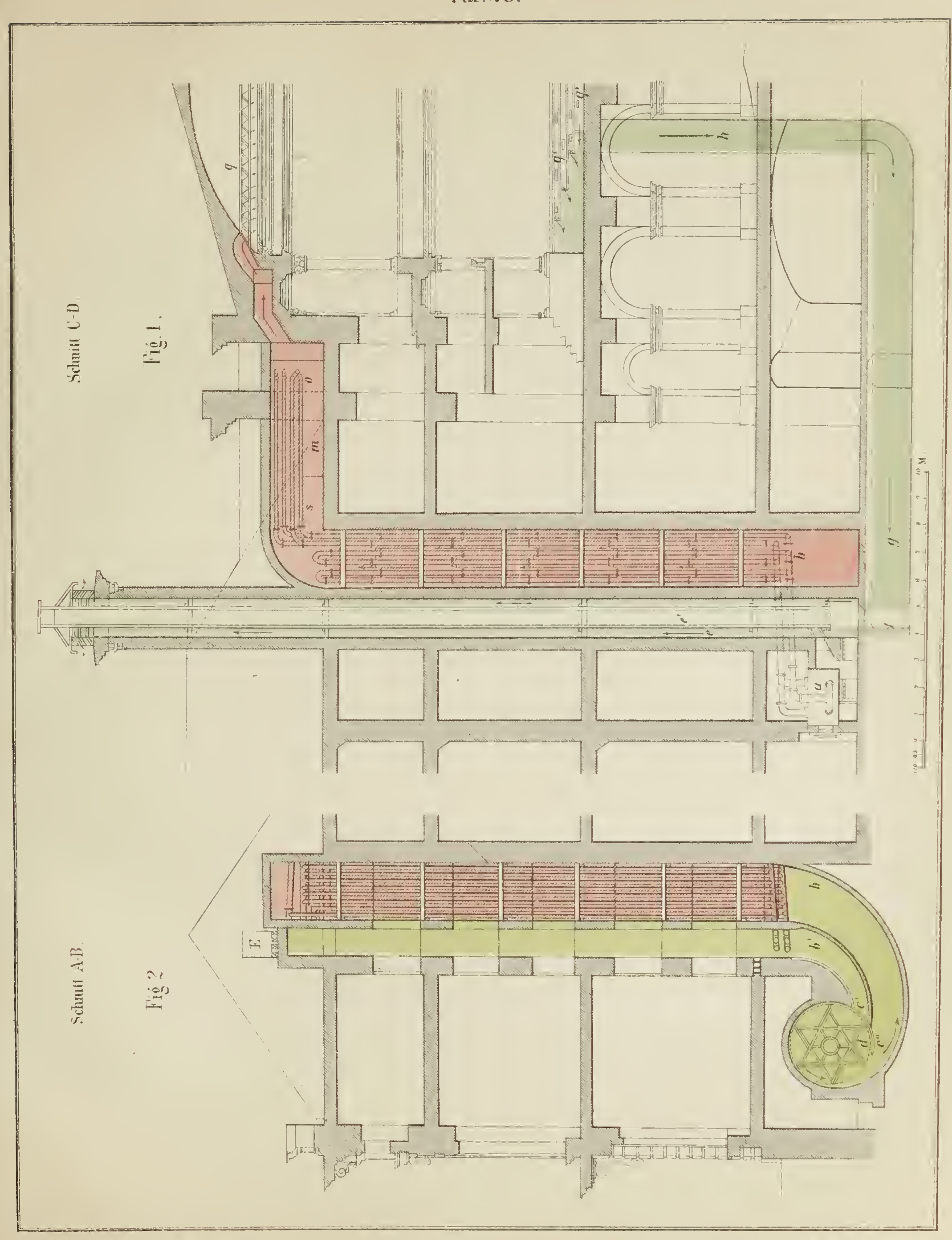
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig



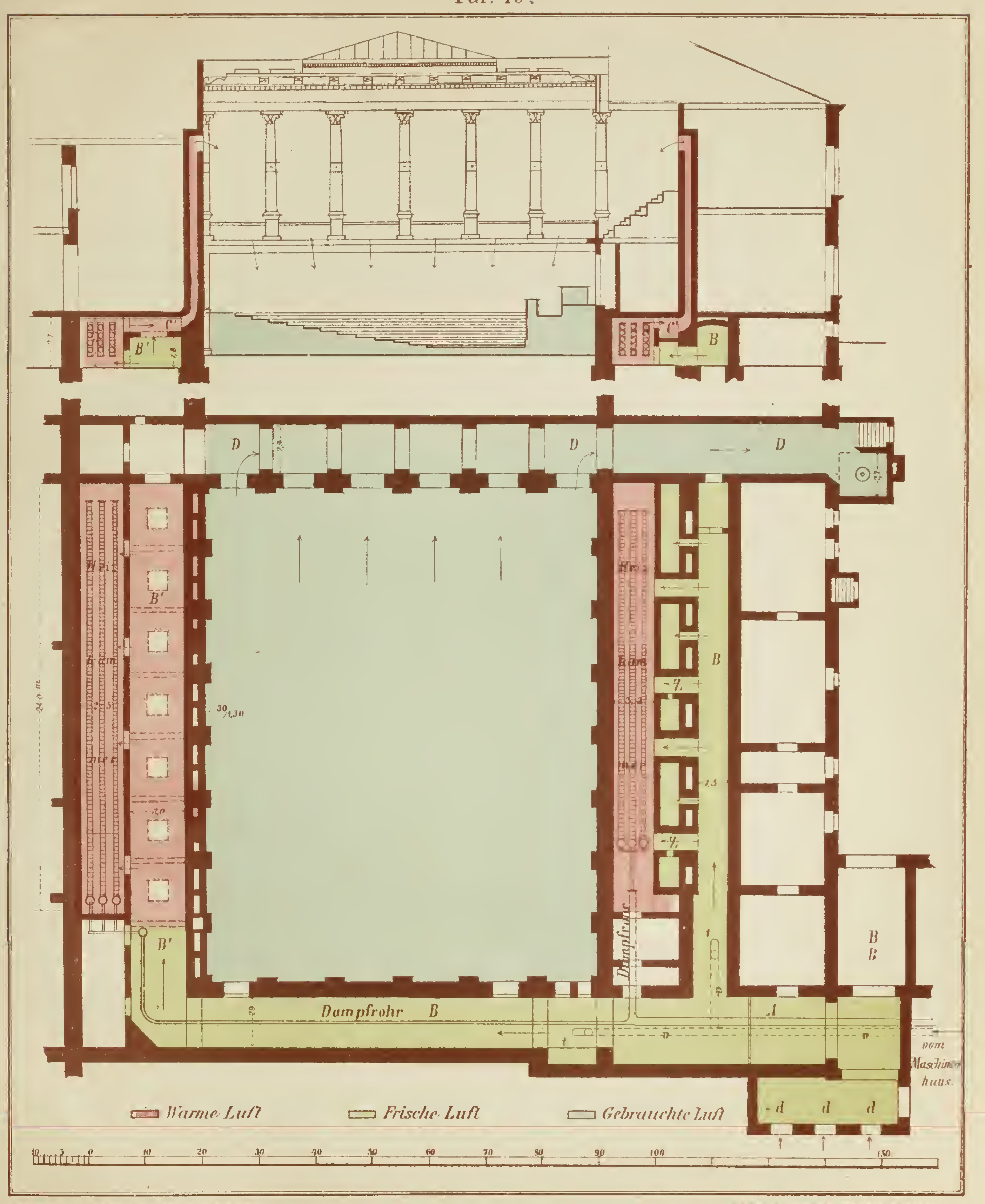
Städtisches Allgemeines Krankenhaus
im Friedrichshain zu Berlin.
Zweistöck. Pavillon für 64 Betten
Querschnitt n. A B
Querschnitt n. C D.
Längenschnitt



Ventilations Canal
Gang
Dachgeschofs
a
b
Erdgeschofs
Ventilation
Ventilation
Keller-Geschofs
25 M
20
15
0



Breymann IV Versch. Constr. 3 Aufl.
J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig



J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.



J M Gebhardt's Verlag Leipzig

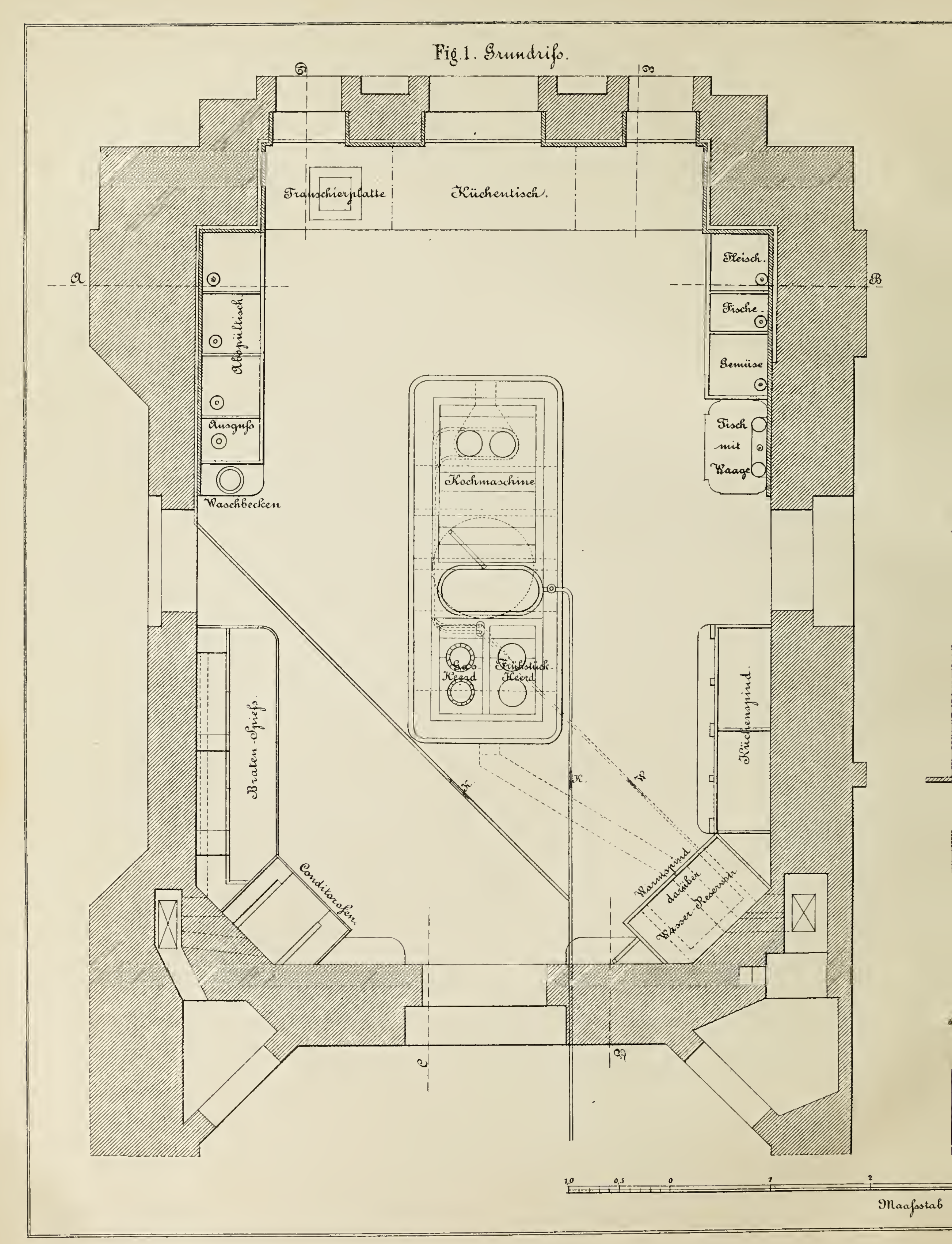

Fig. 1. Grundriss.
Transchierplatte
Küchentisch.
Fleisch.
Fische.
Gemüse
Tisch
mit
Waage
Abspültisch.
Ausguss
Waschbecken
Kochmaschine
Gas-
Heerd
Frühstück-
Heerd
Küchenspind.
Braten-Spiess.
Conditorofen.
Wärmspind
darüber
Wasser-Reservoir
A
B
C
D
K.
W
1,0
0,5
0
1
2
Maassstab

Fig. 2. Ansicht nach A B.

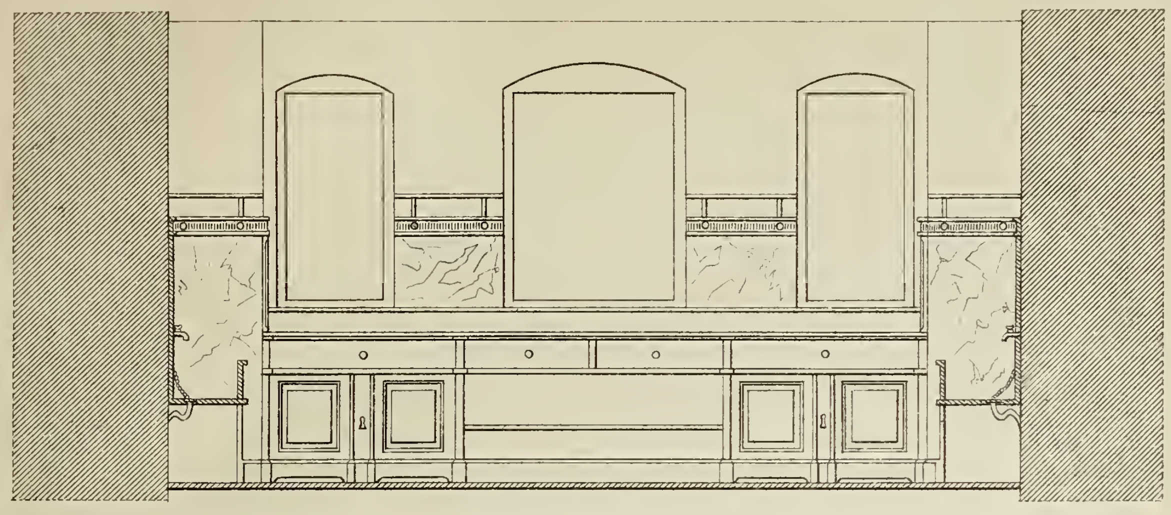


Fig. 3. Ansicht nach C D.

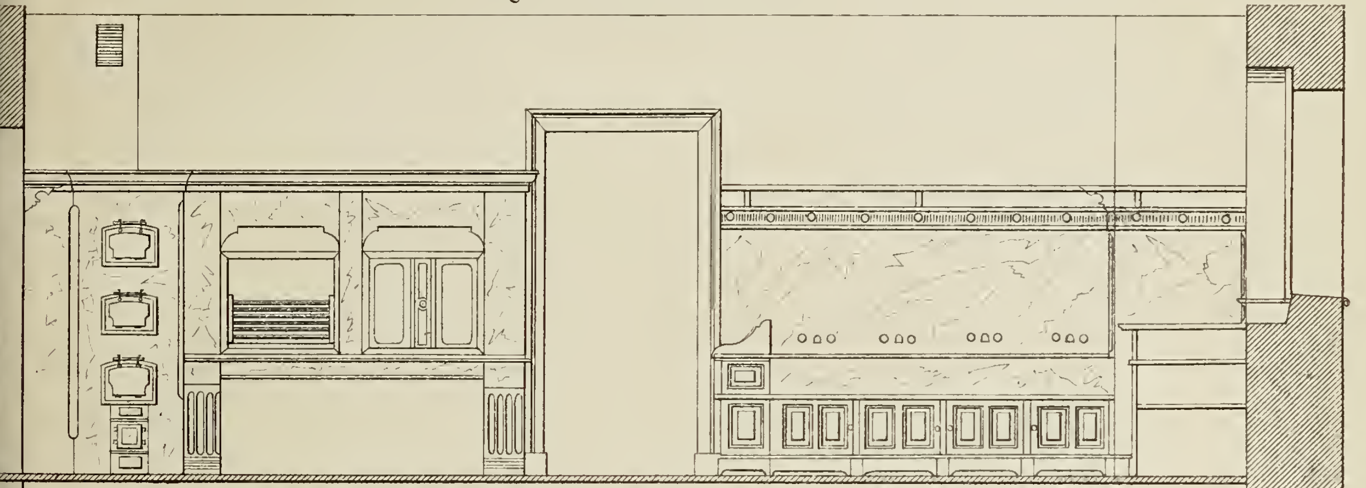
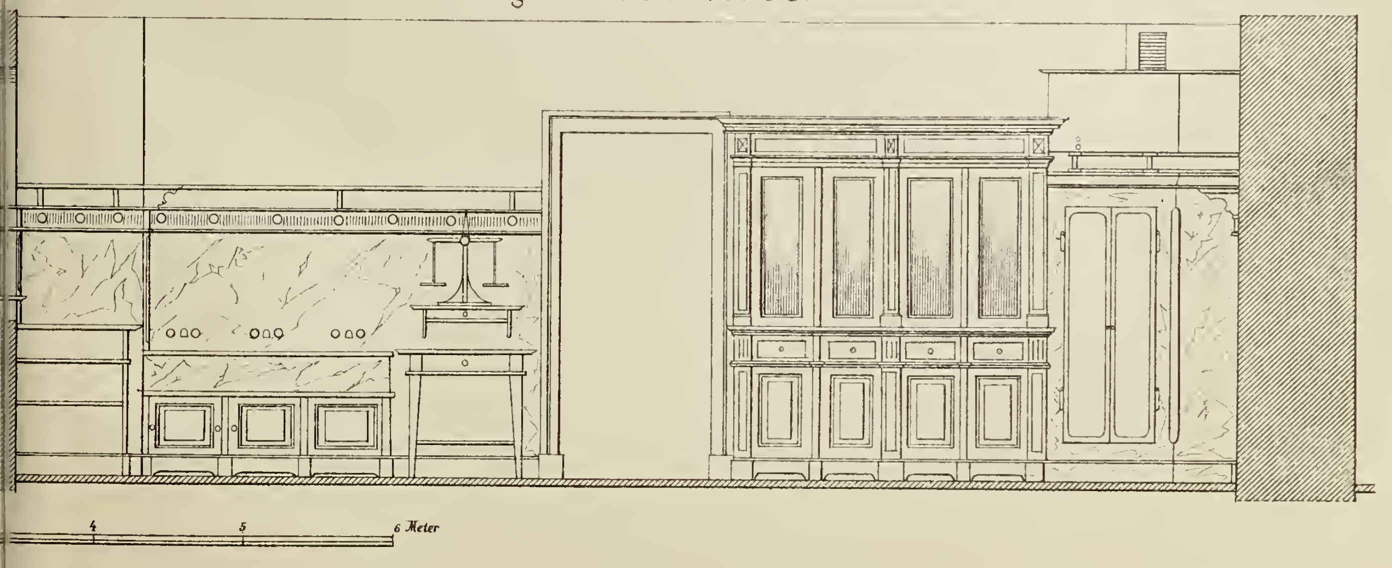


Fig. 4. Ansicht nach E F.



J. M. Gebhardt's Verlag Leipzig.

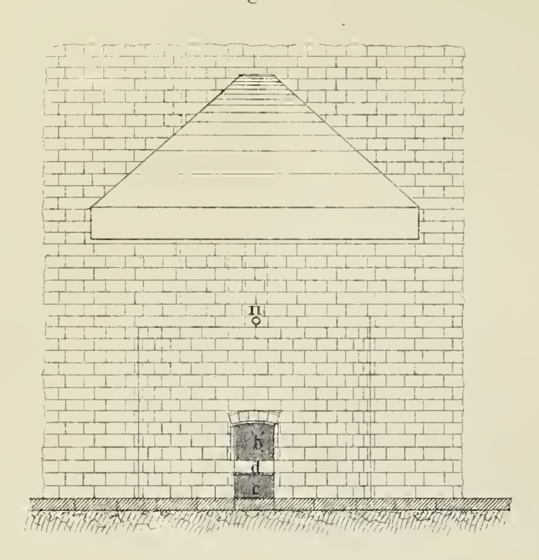


Fig. 4.

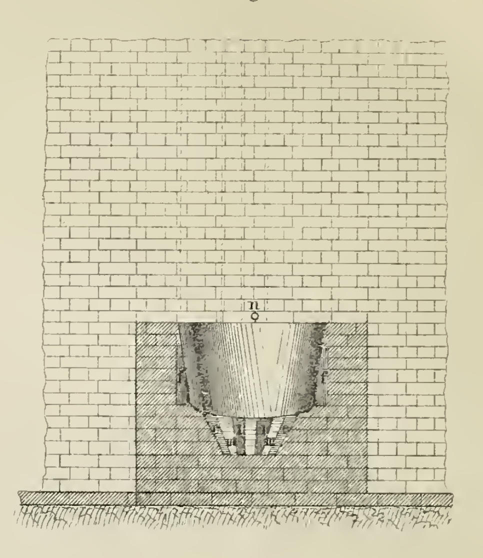


Fig. 3.

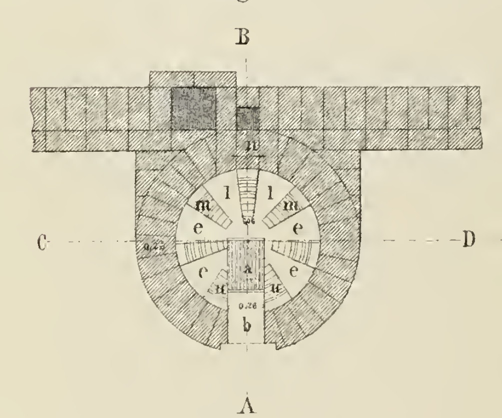


Fig. 1.

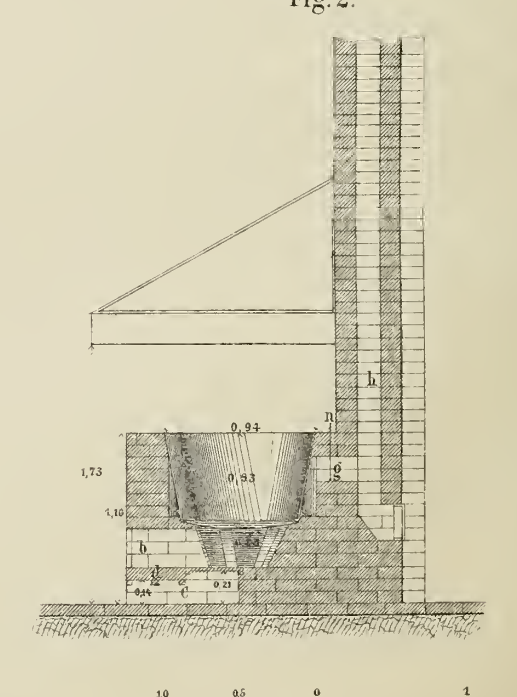
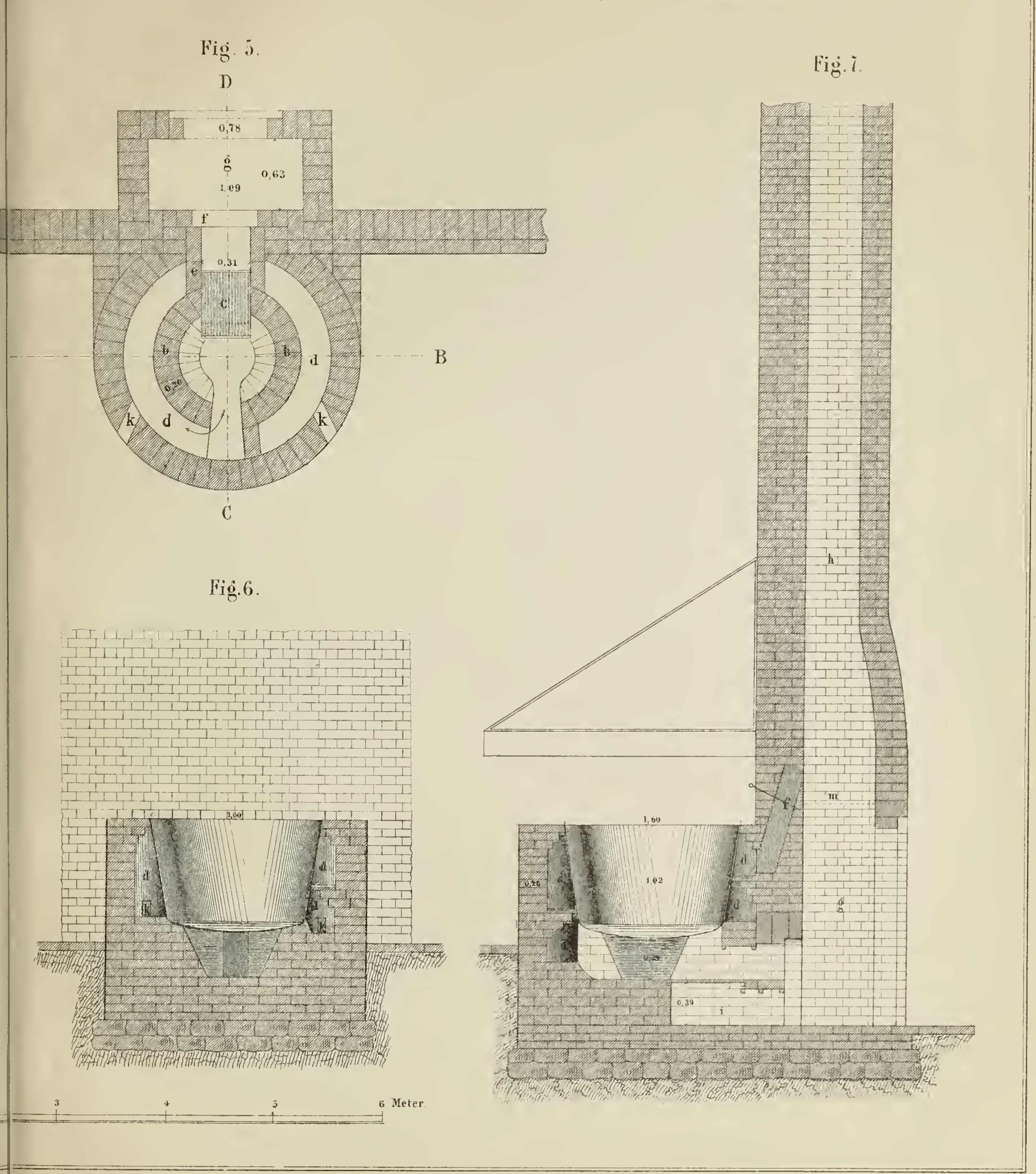
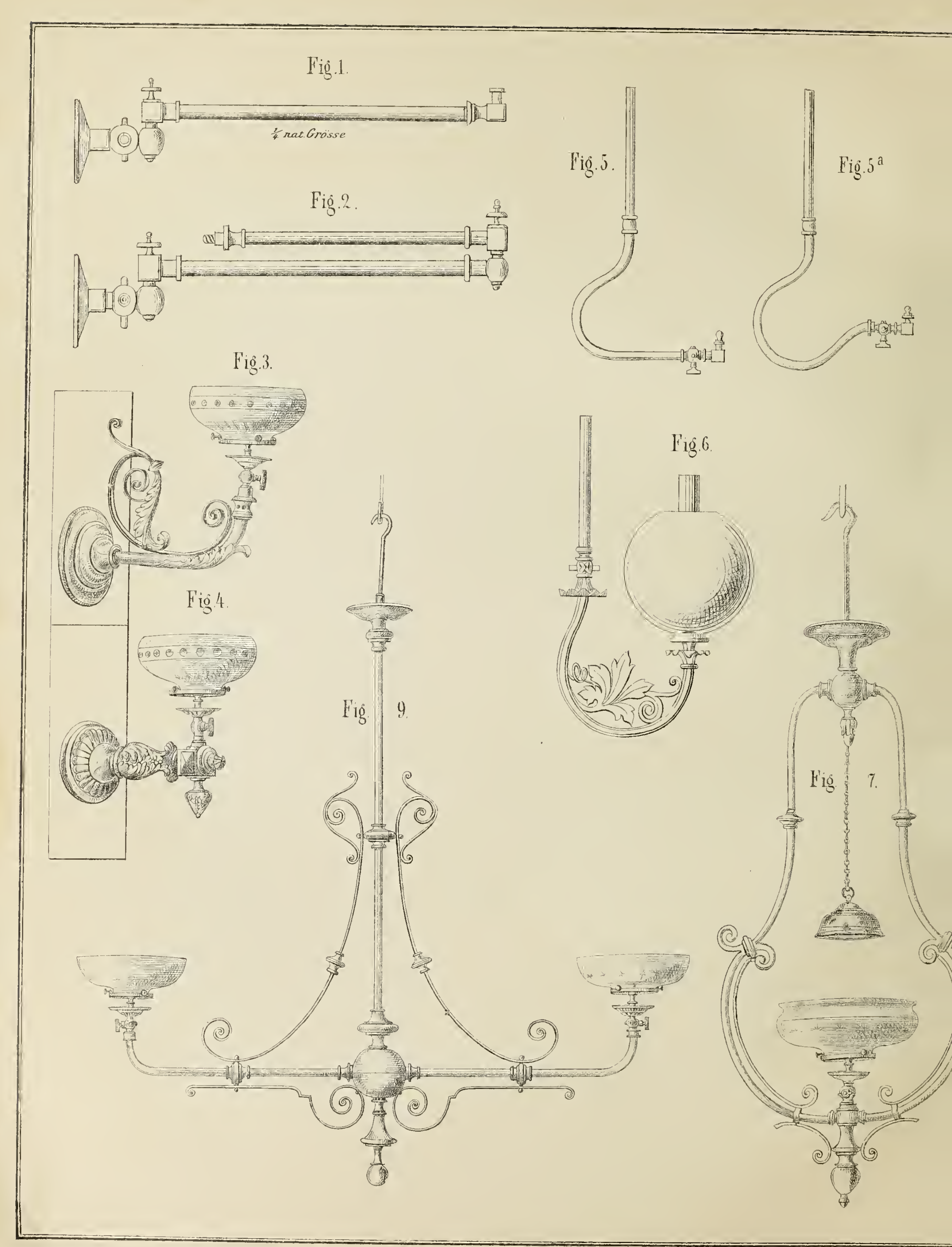


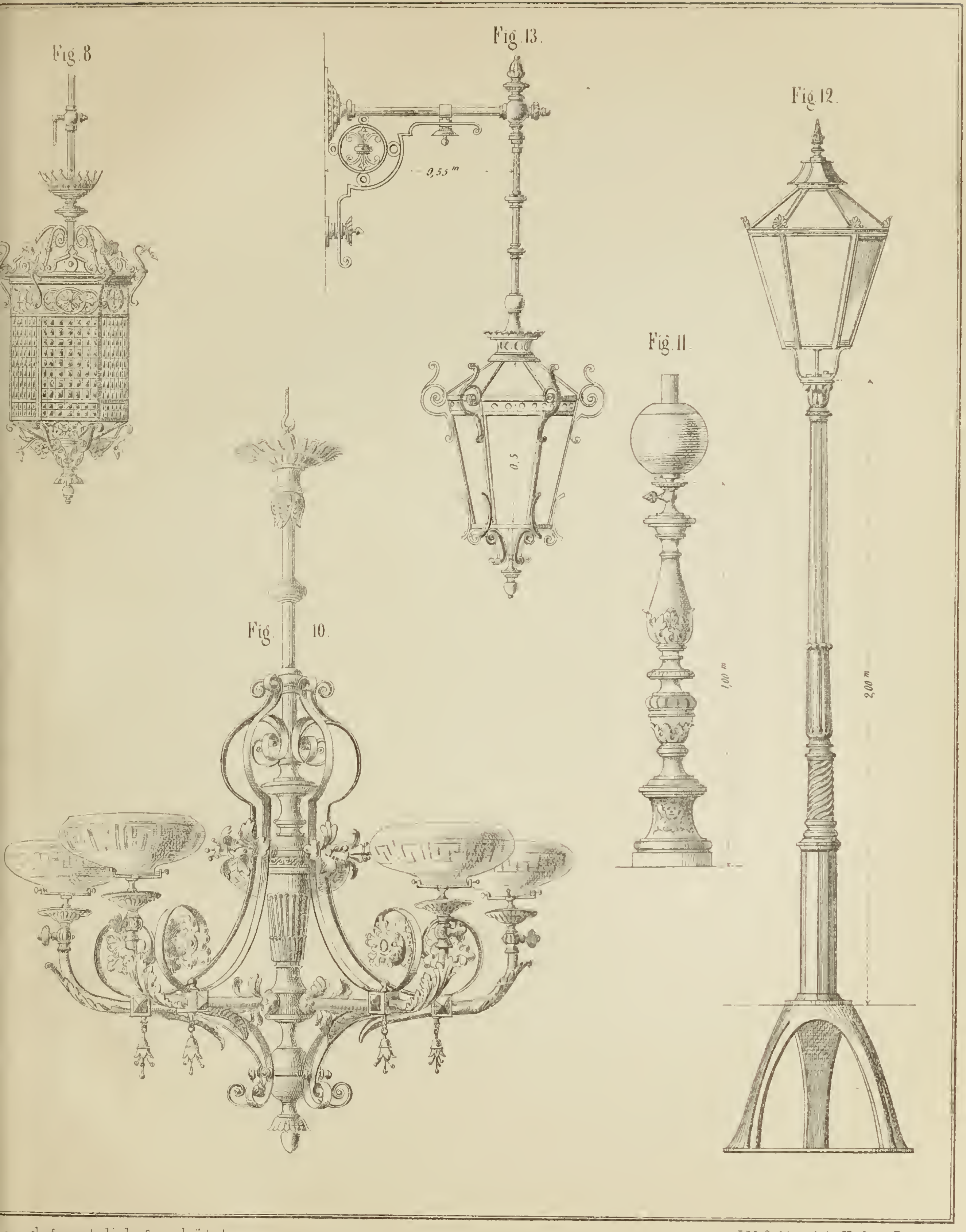
Fig. 2.



J. M. Gebhardt's Verlag. Leipzig.

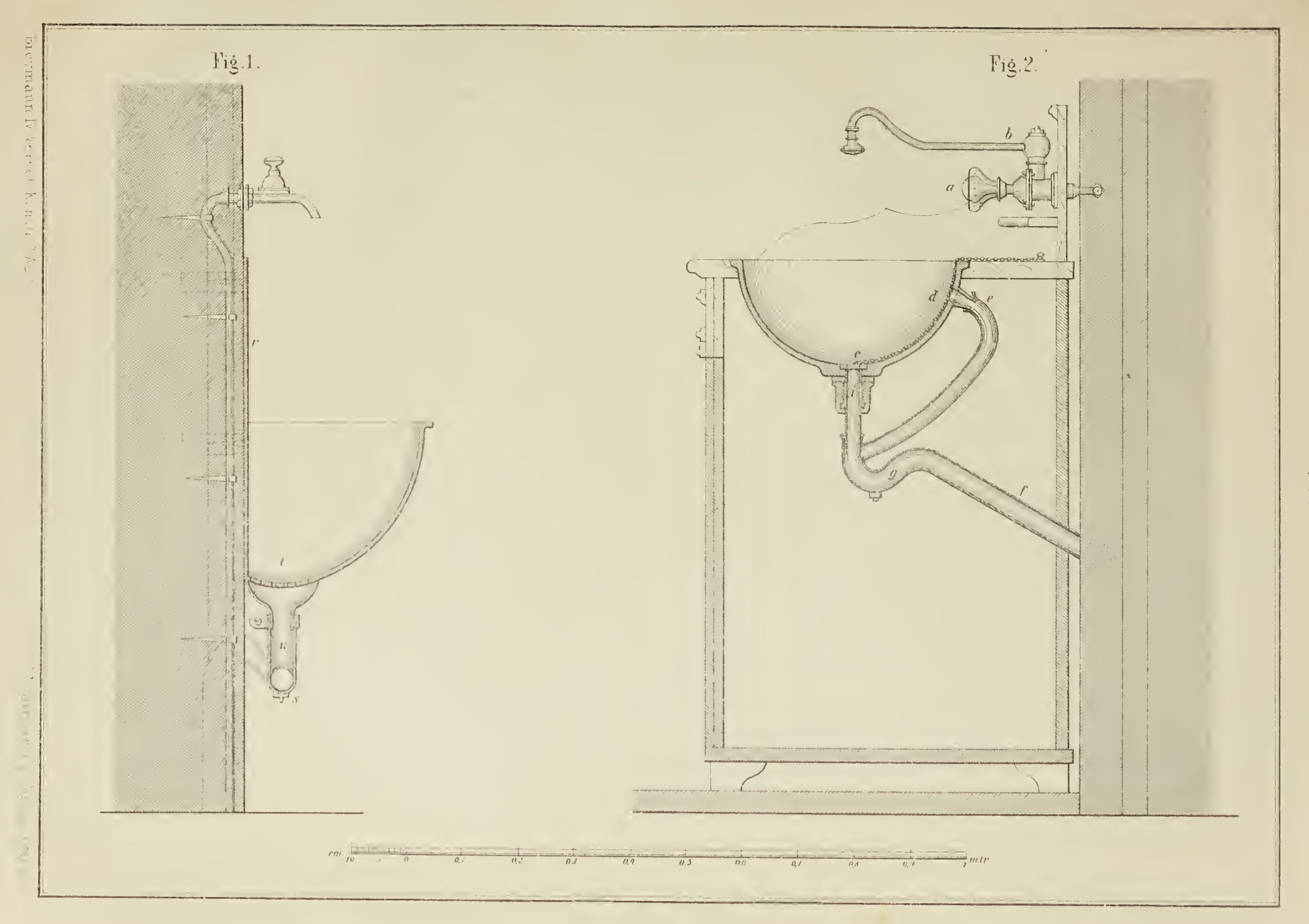


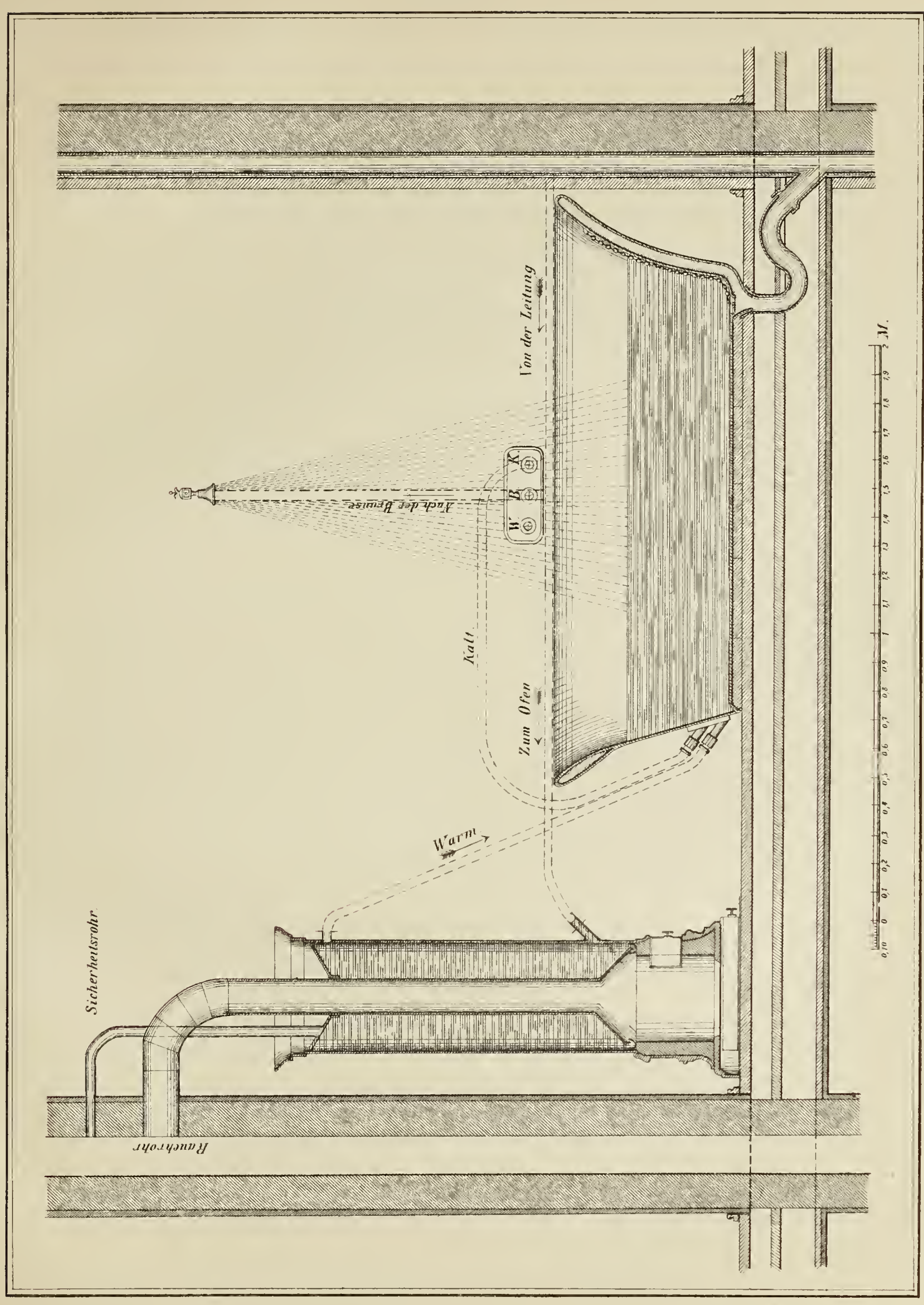
Die Muster Fig. 3, 4, 7, 8

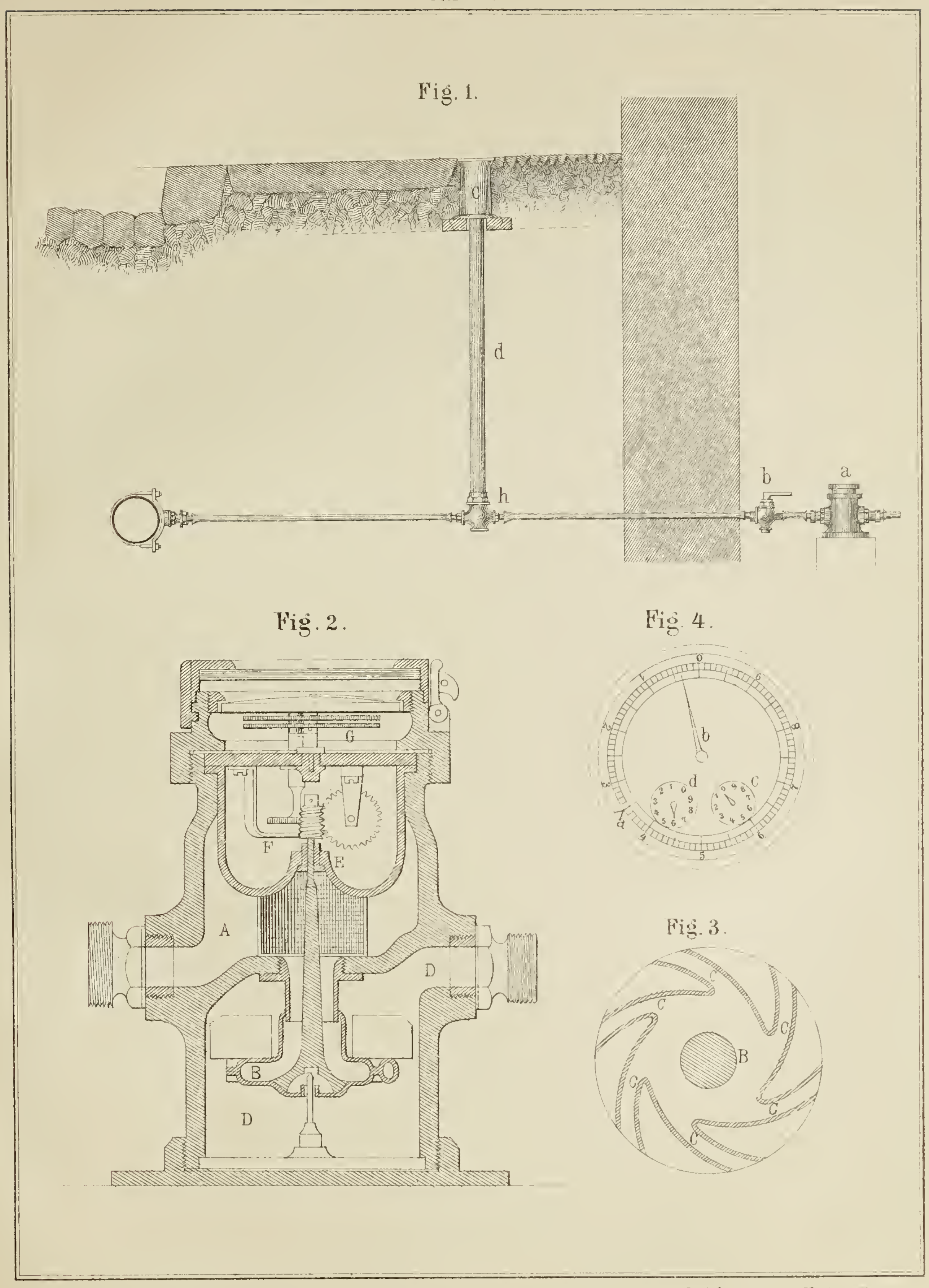


J M Gebhardt's Verlag, Leipzig.

Taf. 54.




Sicherheitsrohr
Rauchrohr
Warm
Kalt
Zum Ofen
Von der Leitung
Nach der Brause
W
B
K
2 M.

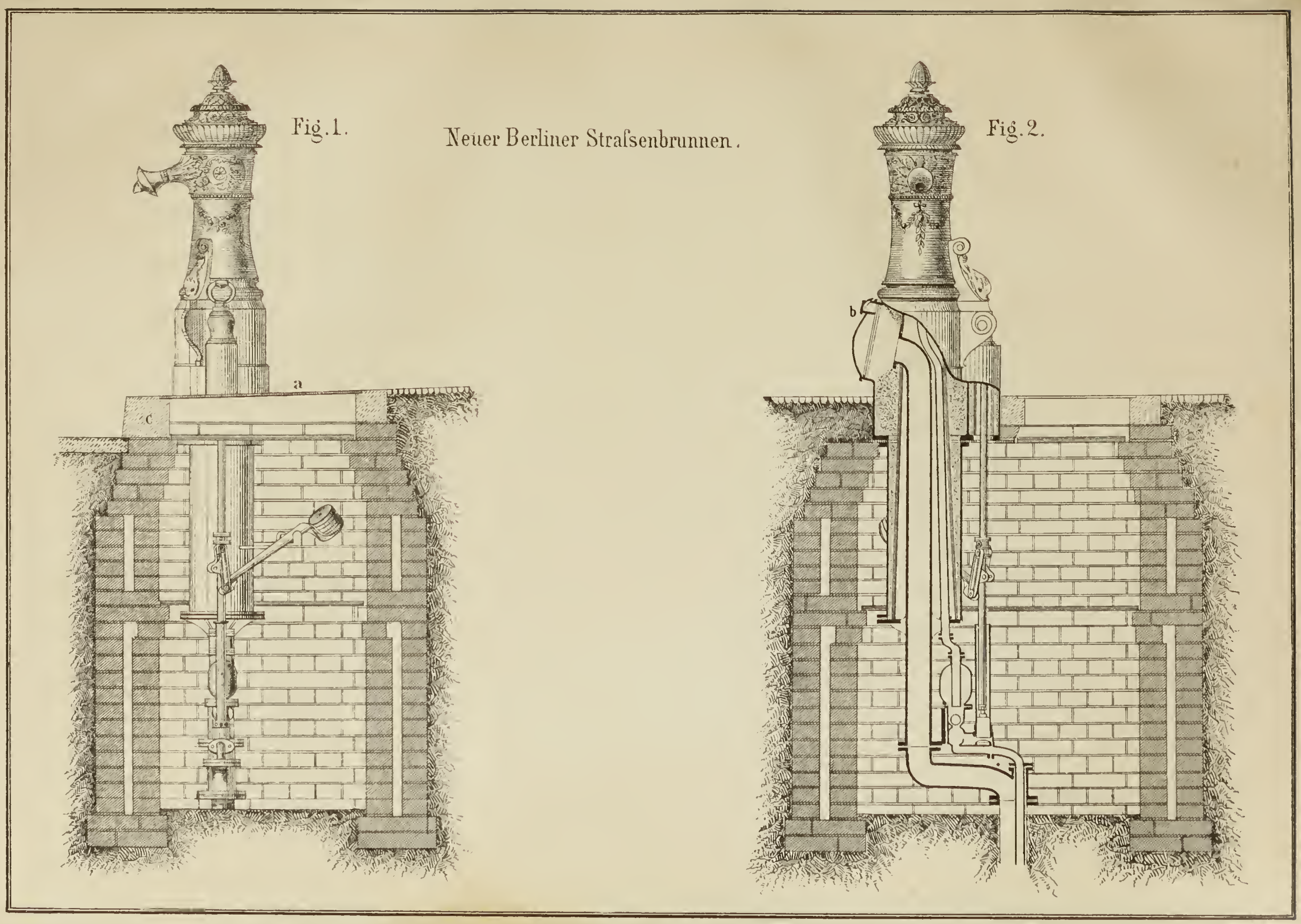


Breymann IV Versch. Konstr 3 Aufl.
J M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.

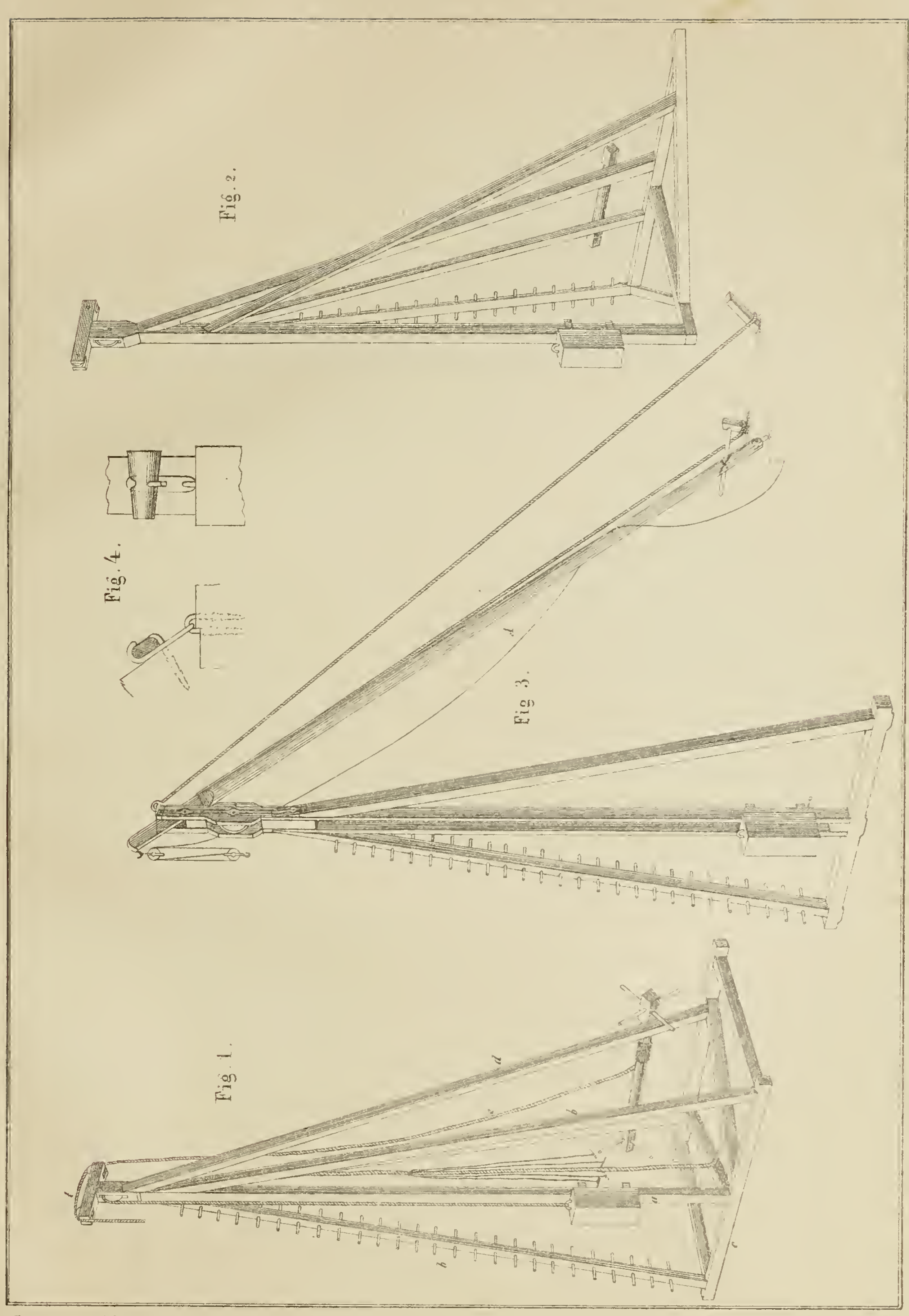
Wasser Zuleitung

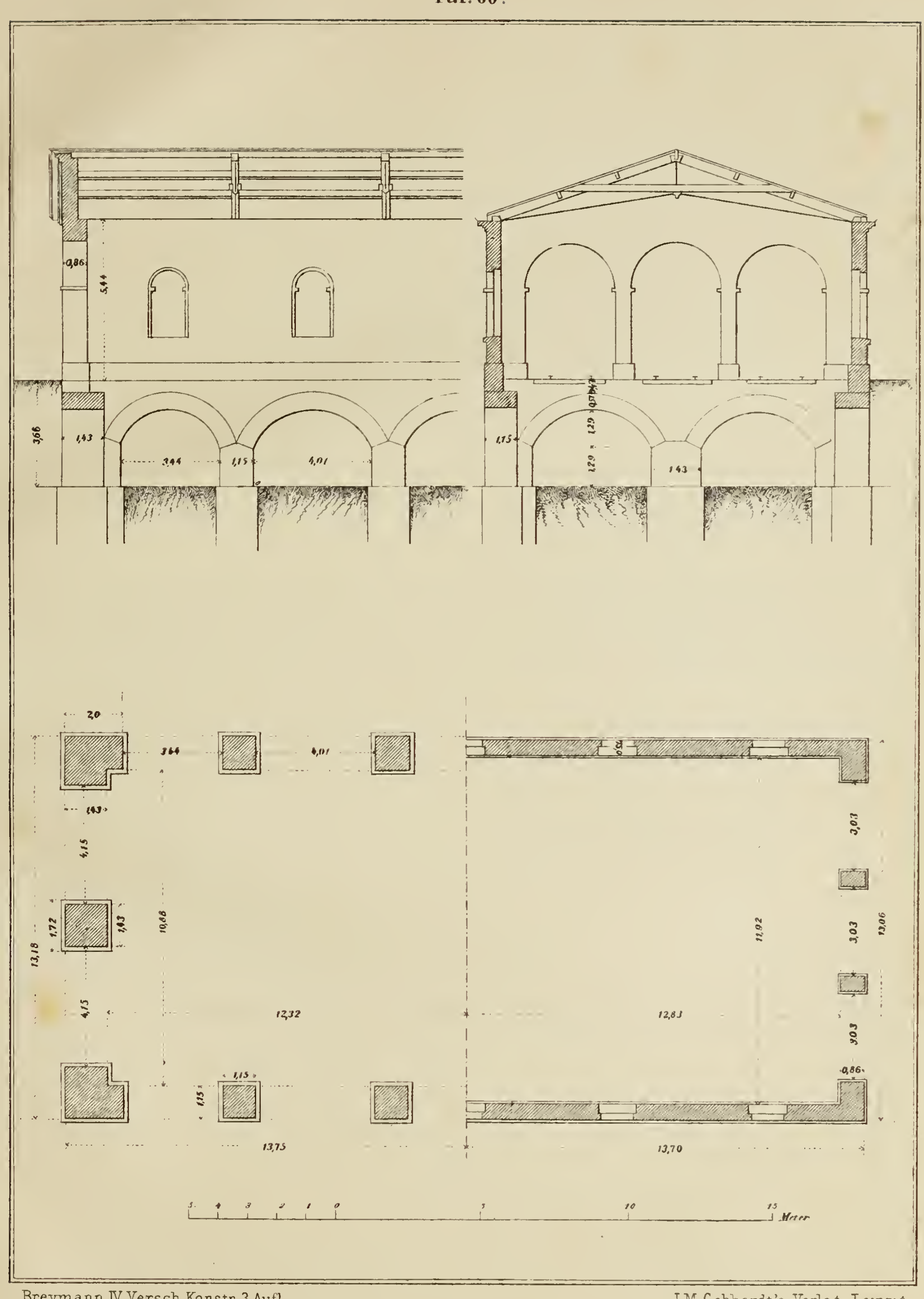
Grundleitung

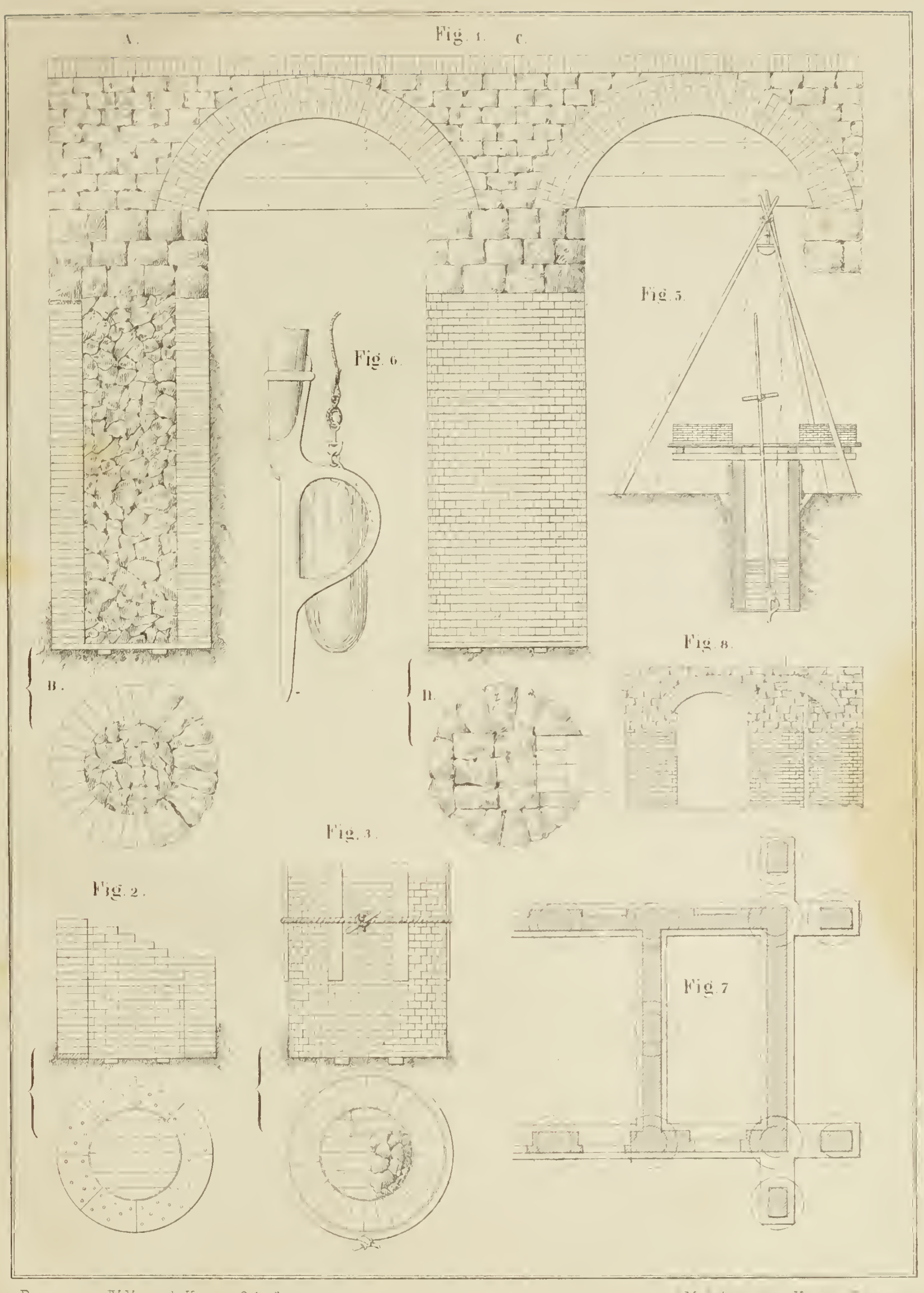
Verlag Leipzig



 J. M. Gebhardt's Verlag, Leipzig.


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.


0,86
5,44
3,66
1,43
3,44
1,15
4,01
1,29
1,43
2,0
1,43
4,15
1,72
10,88
13,18
12,32
1,15
13,75
3,03
11,92
13,06
12,83
13,70
Meter


Fig. 1.
A.
C.
B.
D.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7
Fig. 8.



